350

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

MEMORIAS

DE LA

Real Academia de Ciencias y Artes

DE

BARCELONA

Tomo XIII

S. 1905 Bis

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA

DE

CIENCIAS Y ARTES

DE

BARCELONA

BRITISH MUSEUM
NATURAL HIST

Tomo XIII.—Años 1916 a 1918

BARCELONA

SOBRS. de LÓPEZ ROBERT Y C.ª, Impresores

63—Calle Conde del Asalto.—63

1916 - 1918

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES DE BARCELONA

TOMO XIII

ÍNDICE

Págs.

I—Nota sobre el temblor de tierra ocurrido en Arenys de Mar el 27 de abril de 1916, por el *Dr. D. Eduardo Fontseré*. 1

II—Nota sobre el temblor de tierra ocurrido en la costa de Levante el 15 de junio de 1916, por el *Dr. D. Eduardo Fontseré*. 5

III—Estudio de las características de un sismógrafo, por el *Dr. D. Ramón Jardí y Borrás*. 13

IV—Rocas de la garganta del Ter, entre el Pasteral y Susqueda, por el *Dr. D. Maximino San Miguel de la Cámara*. 45

V—La faz de la tierra en Cataluña durante varias épocas geológicas, por el *Ilmo. Sr. D. Luis Mariano Vidal* 61

VI—Poliedros de Arquímedes convexos o estrellados, por *D. José M.ª Bartrina y Capella*. 75

VII—Neurópteros nuevos o poco conocidos (Octava serie), por el *R. P. Longinos Navás, S. J.* 155

VIII—Datos referentes a la sismicidad de la porción oriental de la península ibérica, por el *R. P. Manuel M.ª S. Navarro Neumann, S. J.* 179

IX—Indumentaria teatral, por *D. Luis Masriera y Rosés* 180

X—Sesión pública extraordinaria en honor del académico difunto Excelentísimo Sr. D. Silvino Thós y Codina, Memoria necrológica, por el *Dr. D. Eugenio Mascareñas y Hernández* 193

Págs.

XI—Nota sobre algunas rocas de San Andrés de Llavaneras (Barcelona), por el *Dr. D. Maximino San Miguel de la Cámara* 203

XII—Poder rotatorio de las subtancias activas, en solución infinitamente diluída, por el *Dr. D. Jesús Goizueta y Díaz*. 211

XIII—Nota sobre los terremotos alicantinos de noviembre y diciembre de 1916, por el *Dr. D. Eduardo Fontseré*. 219

XIV—Nota sobre los temblores ocurridos en la región de Teyá del 9 al 12 de diciembre de 1916, por el *Dr. D. Eduardo Fontseré*. 227

XV—Nota sobre el temblor de tierra ocurrido en Bellmunt de Ciurana el 26 de enero de 1917, por el *Dr. D. Eduardo Fontseré*. 229

XVI—Nota sobre el temblor de tierra ocurrido en Cotillas (Murcia), el 28 de enero de 1917, por el *Dr. D. Eduardo Fontseré*. 233

XVII—Interpretación química de la función clorofílica, por el *Dr. D. Enrique Herrero Ducloux*. 239

XVIII—Catálogo provisional de terremotos catalanes ocurridos en los siglos XVIII y XIX, por el *Dr. D. Eduardo Fontseré*. 255

XIX—De Agrología.—Algunas consideraciones sobre las propiedades físicas de las tierras de labor, por el *Dr. D. Camisiro Brugués y Escuder* 261

XX—Estudios originales sobre Estereoscopía astronómica, por *D. José Comas Solá* 271

XXI—Observaciones de posición de pequeños planetas durante los años 1915 y 1916, por *D. José Comas Solá* 285

XXII—Cultivo y aprovechamiento de los terrenos de secano en España, por *D. Hermenegildo Gorría y Royán*. 301

XXIII—Sistemas de curvas planas que por un cambio de posición en el plano, se transforman en su sistema ortogonal, por *D. Fernando Tallada y Comella*. 345

XXIV—Corrección de los terrenos laborables, por el *Excmo. Sr. D. Guillermo de Boladeres*. 369

XXV—Las lámparas éléctricas nos han dado datos preciosos para conocer las propiedades de los cuerpos a muy elevadas temperaturas.—Sus aplicaciones son numerosas, por *D. Guillermo J. de Guillén García*. 383

Págs.

XXVI—Neurópteros nuevos o poco conocidos (Novena serie), por el *R. P. Longinos Navás, S. J.* 393

XXVII—Terremotos observados en la región iberopirenáica desde junio a octubre de 1917, por el *Dr. D. Eduardo Fontseré* 407

XXVIII—Resultados preliminares del estudio general estereoscópico de las corrientes estelares, 1.ª Nota, por *D. José Comas Solá.* . . . 425

XXIX—Contribución al estudio de la fosilización calcárea. por el *Profesor D. Estanislao Meunier.* — Traducción de *D. Arturo Bofill y Poch* 443

XXX—Importancia de los colóides en la Química contemporánea, por el *R. P. Eduardo Vitoria, S. J.* — Discurso de contestación por el *Dr. D. Eugenio Mascareñas* 507

XXXI—Observatorio Fabra. — Determinación de la latitud de los pilares del Círculo meridiano, por el *Dr. D. Isidro Pólit.* 535

XXXII—Estudio óptico-geométrico del haz luminoso que por una rendija penetra en la cámara obscura, por el *Rdo. Dr. D. Pedro Marcer y Oliver.* 545

LÁMINAS

Ilmo. Sr. D. Luis Mariano Vidal. 61

Excmo. Sr. D. Silvino Thós y Codina 193

Gráficos de las alturas a que llega el agua. 270

ERRATAS

Página	Línea	Dice	Léase
461	38	Meskeretine	Meskoutine
463	34	de los bordes	del peso
466	16	la caliza	la caliza que la encaja
471	9	que no tiene	que tiene
511	16	1914	1814
513	26	de una de	de una
513	36	películas	partículas
526	7	pavimientos	pavimentos
529	27	humanidad	humildad
532	28	en	con

BRITISH MUSEUM NATURAL HIST

2 007. 1916

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚMS. 1 Y 2

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

N.º 1

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN ARENYS DE MAR EL 27 DE ABRIL DE 1916

N.º 2

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN LA COSTA DE LEVANTE EL 15 DE JUNIO DE 1916

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Publicado en agosto de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚMS. 1 Y 2

N.º 1

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN ARENYS DE MAR EL 27 DE ABRIL DE 1916

N.º 2

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN LA COSTA DE LEVANTE EL 15 DE JUNIO DE 1916

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Publicado en agosto de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN ARENYS DE MAR EL 27 DE ABRIL DE 1916

por el académico numerario

Dr. Eduardo Fontseré

Sesión del día 31 de mayo de 1916

Una nueva demostración de la sismicidad de nuestra zona costera ha ocurrido el día 27 de Abril de 1916. La sacudida principal ha sido registrada en todos los sismógrafos del Observatorio Fabra, empezando las primeras ondas a las 22 h. 36 m. 13 s., con la fase principal a 22 h. 36 m. 18 s. y terminando la agitación instrumental a 22 h. 36 m. 43 s. La sacudida, en Fabra, ha sido en gran parte subsultoria, siendo en la componente vertical del microsismógrafo Vicentini donde más claramente se distinguen las fases. De los datos anteriores resulta para el epicentro una distancia de 38 kilómetros al Observatorio, y para el instante del fenómeno en el epicentro las 22 h. 36 m. 8 s.

Los Sres. Solá y Puig, de Arenys de Mar, me comunicaron independientemente la observación de un terremoto en aquella población el día y a la hora indicados, lo cual me orientó para indagar cuál fuera la intensidad y distribución superficial del sismo en la comarca afectada.

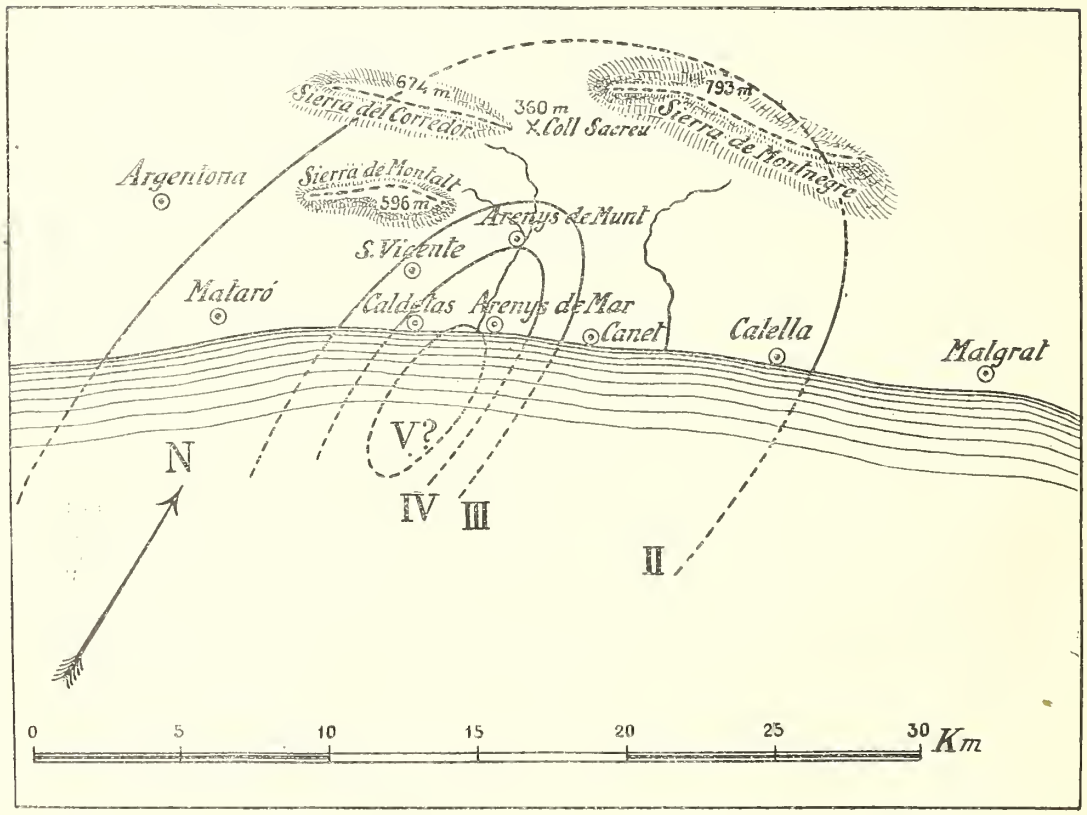
De los datos macrosísmicos recogidos, que figuran en el adjunto estado, se deducen las siguientes circunstancias para el temblor de referencia: La región epicentral se halla en el mar, frente a la playa en que desemboca la riera de Arenys, probablemente a poca distancia de la costa. La forma en que el Dr. Solá ha representado sus impresiones acerca del movimiento del suelo recuerda un sismograma típico, precedido de una fase preliminar; y aún teniendo en cuenta la imposibilidad de que en un fenómeno repentino e inesperado se aprecie la duración exacta de las fases, no obstante, dada la costumbre del observador, por su profesión, en medir el tiempo, debe admitirse aquella gráfica como muy aproximada. En este supuesto puede afirmarse que no ha estado situado en la misma playa de Arenys el foco sísmico, sino a alguna distancia de ella. La intensidad en el epicentro es pues, naturalmente, desconocida; no obstante, los datos facilitados por los pescadores permiten asegurar que no ha excedido mucho de la intensidad observada en la playa, es decir, del grado V de la escala de Mercalli.

La propagación del temblor ha tenido lugar principalmente por la cuenca de la riera de Arenys, hacia el Coll Sacreu; y aún cuando faltan datos de la región montañosa del Montalt y de Montnegre, el curso de las líneas isosistas en la faja

más próxima al mar parece indicar que ambas sierras se hallaron en el límite de percepción del sismo. La información intentada en aquella región montañosa no ha dado resultado.

El epicentro de este temblor parece continuar una importante línea de actividad sísmica que pasando por las cercanías de Tarrasa y Rubí se dirige hacia el Nordeste, y su area macrosísmica llega a interferir con la de los terremotos de Alella y Teyá, cuyas últimas manifestaciones son bien recientes.

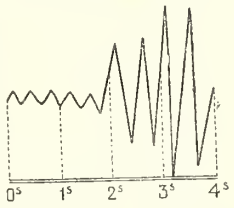
Cotejando nuestros registros, se encuentra el 17 de abril, a 15 h. 29 m. 33 s., una débil sacudida subsultoria procedente de 35 kilómetros de distancia, que muy bien pudiera estar relacionada con el temblor del día 27. Por su parte, el señor Méliz, de Canet de Mar, señala una réplica el 28 de abril a las 23 h. 45 m.; esta réplica no fué perceptible en los aparatos del Observatorio Fabra.



Carta isosística del temblor de tierra ocurrido el 27 de abril de 1916. Las curvas pasan por los puntos en que probablemente ha sido más característico cada grado del temblor.

Datos macrosísmicos facilitados por diversos observadores

(Referidos a la escala de Mercalli)

Localidad y Observador	Temblor del dia 27 de abril de 1916, a las 22 h 36 m. 8 s.
ARENYS DE MAR *D. Pedro M. Puig, publicista.*	Grado IV-V. — Duración 3 a 4 segundos. Los pescadores más cercanos a tierra oyeron como un trueno lejano; los «sardinales» que pescaban a unas dos horas mar adentro nada percibieron. Nada se notó en el oleaje. En la central eléctrica observaron la trepidación como si ocurriera una contracción del suelo, es decir, hacia abajo. Algunas personas atribuyeron el ruído a una explosión en Mataró. Los ancianos a quienes se ha preguntado no recuerdan ningún fenómeno semejante.
ARENYS DE MAR *Dr. Ricardo Solá, Subdelegado de Medicina.*	El temblor fué más intenso en la playa que en la parte alta de la población. La duración fué de unos 4 segundos, durante los cuales el movimiento puede representarse por la gráfica adjunta según la impresión personal del observador. 
ARENYS DE MUNT *D. Blas Llusá, Farmacéutico.*	Grado IV. — Ruído como una explosión o un trueno muy fuerte, con trepidación de las casas. La duración fué de unos 2 segundos.
ARGENTONA *D. Francisco Burniol, Maestro.*	Grado I. — Practicadas activas averiguaciones, resulta que este temblor no fué sentido en Argentona.
CALDETAS *Dr. José Estalella, Catedrático de Física.*	Grado IV. — Ruído sordo bastante sensible, que en la playa pareció un trueno. Las personas que se fijaron en la naturaleza del fenómeno hablan de movimiento subsultorio. Ladraron los perros.
CALELLA *D. Fernando Flá, Farmacéutico.*	Grado II.—Duración 2 a 3 segundos. Dos sacudidas seguidas, que causaron al observador una impresión como de resquebrajamiento de roca en el fondo de la tierra.

Localidad y Observador	Temblor del dia 27 de abril de 1916, a las 22 h. 36 m. 8 s.
CANET DE MAR *D. José Garreta Llobet, Director de la Escuela Graduada.*	Grado II. — Según referencias, sintióse un ruído semejante a un trueno, y en la calle se observó un ligero temblor del suelo.
CANET DE MAR *D. Alejandro Méliz, Presidente del Ateneo Obrero.*	Grado II. — Ruído subterraneo parecido a un trueno; ligero temblor del suelo observado por algunos transeuntes. El día 28 de abril de 1916, ocurrió una réplica con parecidos caracteres a las 23 horas 45 minutos.
MALGRAT *D. Domingo Pons, Maestro.*	Resulta de numerosas investigaciones que el temblor no ha sido sentido en Malgrat.
MATARÓ *R. P. Manuel Bordás, Sch. P., Profesor.*	Grado II-III.—Se oyó un ruído sordo, como un trueno lejano según unos, o como la caída de una persona en el piso, según otros.
SAN VICENTE DE LLAVANERAS *D. José Llobet, Maestro.*	Grado III-IV.—Algunas personas sintieron una sacudida que hizo temblar la vajilla y los cristales. Las que estaban acostadas, en general, no se apercibieron de ello. Se notó solamente en la parte baja de la población, en dirección S. E.

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN LA COSTA DE LEVANTE EL 15 DE JUNIO DE 1916

por el académico numerario

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Sesión del día 28 de junio de 1916

El nuevo epicentro cuya existencia dí a conocer en mi nota presentada a la Academia en la sesión última y cuya manifestación del 27 de abril alcanzó el grado IV de Mercalli, y tal vez el V, en la playa comprendida entre Arenys y Caldetas, ha dado una nueva y más intensa prueba de su actividad en la noche del 14 al 15 de junio. Este último terremoto llegó a impresionar los aparatos del Observatorio del Ebro, cosa que no ocurrió con el primero, lo cual por sí solo es ya una demostración de su mayor importancia.

Los registros del Observatorio Fabra dan para la hora de la llegada de las primeras ondas a los sismógrafos las 0 h. 33 m. 40 s. del día 15, con una distancia teórica de 42 kilómetros. En el Observatorio del Ebro, según me telegrafió el Sr. Director de la Seccion sísmica, R. P. Albiñana, las primeras ondas se registraron a las 0 h. 34 m. 1 s., con una distancia teórica de 200 kilómetros. Ambos datos coinciden exactamente para asignar al terremoto una hora inicial en el origen, igual a 0 h. 33 m. 34 s.

Aún cuando el temblor registrado el mes de abril permitía suponer para éste, sin género alguno de duda, la situación del foco sísmico en las cercanías de Arenys, vino a fijar esta situación una noticia que inmediatamente me comunicó el celoso Director de la Escuela graduada de Canet de Mar, Sr. Garreta, precisando en el grado V la intensidad del terremoto en aquella villa.

Gracias a la densidad de población y a la cultura de nuestra región costera, la indagación macrosísmica ha sido especialmente fructuosa. A ella han contribuído numerosos vecinos de los pueblos donde el temblor ha sido sensible, a quienes desde aquí expreso mi reconocimiento, así como al Sr. Inspector Jefe de 1.ª enseñanza D. Dimas Fernández, que me ha puesto en relaciones con muchos de los Sres. maestros que han tomado parte en la información.

Del exámen de las isosistas de este temblor del 15 de junio se desprende inmediatamente que el epicentro no ha sido único. Una región de máxima intensidad, de grado V, se encuentra precisamente en Canet, y de la forma de las curvas en aquel punto se deduce que el epicentro es marino, no habiendo alcan-

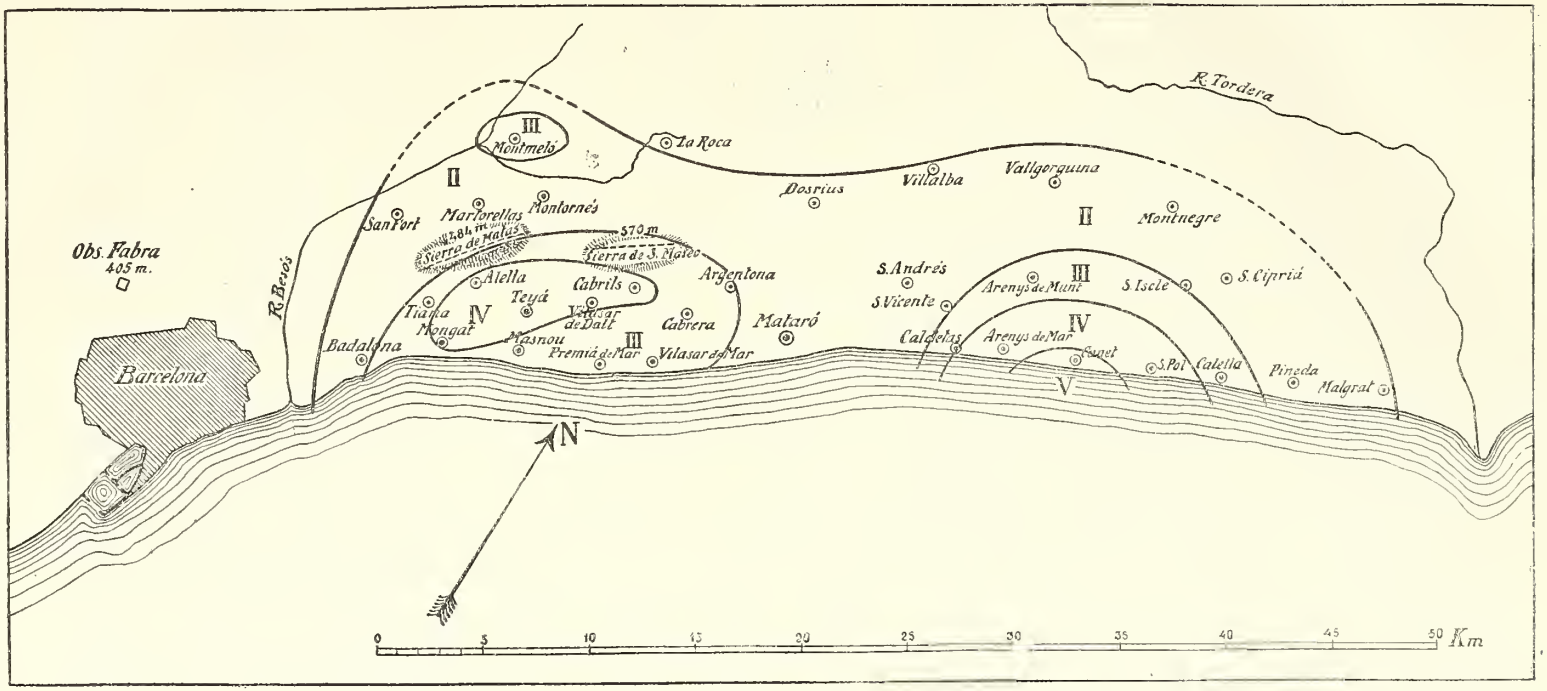
zado probablemente ni gran distancia a la costa, ni un grado muy superior al registrado en tierra firme.

Otra zona de máxima intensidad, de grado IV, abarca los términos de Mongat, Alella, Teyá y Cabrils, al pie de la sierra costera, y está separada en parte del mar por Masnou, Premiá y Vilasar, donde se registra el grado III, lo cual parece indicar un epicentro esporádico relacionado con el tectonismo de aquella comarca, donde los temblores son relativamente frecuentes. En Montmeló, un punto aislado de grado III está separado del epicentro anterior por una faja quieta, en la cual los observadores de Montornés y Martorellas dan como no sentido el fenómeno, si bien por lo intempestivo de la hora puede admitirse que pase desapercibido un temblor del grado II de Mercalli. Estos datos negativos, así como el de La Roca, donde tampoco se sintió nada, son tan útiles como los otros, pues permiten fijar los límites del fenómeno.

El carácter de los ruídos que acompañaron al terremoto fué bastante uniforme allí donde fueron observados. Muchos de los observadores convienen en una dirección aparente cuyo promedio viene a ser de SW. a NE. Estos ruídos, en general, *han precedido* al terremoto.

Resulta de todo ello que el temblor del 15 de junio tiene todos los caracteres de un movimiento de conjunto de la costa comprendida entre el Besós y el Tordera, con un epicentro principal frente a Canet y otro en los alrededores de Teyá. Si ambos movimientos son simultáneos, como expresión de una sola sacudida, o si uno ha motivado inmediatamente el otro por repercusión, difícil es decirlo, pues en nuestros sismogramas todo debe referirse al terremoto de Canet, sin que se vea antes ni después nada que indique un fenómeno independiente para el máximo de Teyá. Las isosistas indican, no obstante, que este máximo se ha presentado con caracteres propios, y como ocupa precisamente una región conmovida con frecuencia, no es aventurado considerarlo como una consecuencia inmediata del temblor principal.

Respecto de este máximo secundario, he de hacer notar la discontinuidad entre la observación de Montmeló y las de la otra vertiente de la sierra de Matas. El proceso de los temblores de Teyá no es seguramente tan elemental como puede deducirse de un trazado «a sentimiento» de las isosistas sobre un número muy reducido de estaciones, trazado que en mi opinión ha conducido a alguna interpretación prematura de los hechos geológicos que ocurren en aquella comarca. Pero para dilucidar este punto será necesario ir aumentando la densidad de las observaciones, particularmente en la sierra, lo cual no es tan fácil como en el llano. No será, con todo, perdido el esfuerzo que se haga en este sentido, por tratarse de una zona sísmica cuya actividad afecta a centros importantes de población.



Carta isosística del temblor de tierra ocurrido el 15 de junio de 1916.
Las curvas limitan las zonas correspondientes a cada grado del temblor.

Datos macrosísmicos facilitados por diversos observadores

(Referidos a la escala de Mercalli)

Localidad y Observador	Temblor del día 15 de junio de 1916, a las 0 h. 33 m. 34 s.
ALELLA *D. Marcelino Pons, Maestro nacional.*	Grado IV. — Se oyó un ruído subterráneo parecido a un cañonazo y como si al pasar se levantara la cama. Este ruído fué extinguiéndose gradualmente, durando unos 8 á 9 segundos. Dirección aparente, en opinión de las personas consultadas, de S. a N.
ARENYS DE MAR *Dr. Ricardo Solá, Subdelegado de Medicina.*	Grado IV.—Menos duradero que el del día 27 de abril, pero más intenso (2 a 3 segundos). Lo más característico fueron los ruídos subterráneos, que parecían más bien acompañar que coincidir con el temblor.
ARENYS DE MUNT *D. Blas Llusá, Farmacéutico.*	Grado III. — Duración unos 2 segundos. Ruídos subterráneos. El temblor parecía proceder del SSW.
ARGENTONA *D. Francisco Burniol, Maestro nacional.*	Grado III. — Duración de 5 a 6 segundos. Dirección aparente, del W.
BADALONA *D. Rodolfo Pérez, Oficial de Telégrafos.*	Grado II-III.
BADALONA *D. Joaquín Tapias, del Grupo Astronómico Badalonés.*	Grado III.—Duración unos 5 segundos.
CABRERA DE MATARÓ *D. Juan Solá, Maestro nacional.*	Grado III. — Sentido principalmente en las afueras y en la parte alta del pueblo. Ruído parecido a un trueno lejano.
CABRILS *D. Manuel Ruiz, Maestro nacional.*	Grado IV.—Duración un segundo y medio.

Localidad y Observador	Temblor del dia 15 de junio de 1916, a las 0 h. 33 m. 34 s.
CALDETAS *Dr. José Estalella, Catedrático de Física.*	Grado IV. — Larga duración, según algunos vecinos. Los pescadores, en el mar, sintieron algo el fenómeno.
CALELLA *D. Juan Rotger, Maestro nacional.*	Grado III-IV.—Ruído como de un camión automóvil que marchara de SW a NE; más sensible en una faja paralela al mar y a 300 metros. Movimiento como de vaivén.
CANET DE MAR *D. José Garreta, Director de la Escuela Nacional Graduada.*	Grado V. — Se ha oído un trueno subterráneo. Trepidación de los muebles; oscilación de los cuadros colgados en las paredes; paro de algunos relojes de péndola larga, entre ellos el reloj público del campanario. Algunas personas, asustadas, se disponen a salir a la calle.
DOSRIUS *D. José Fleta, Maestro nacional.*	Grado II-III.—Temblor casi instantáneo.
LA ROCA *D. Antonio Montserrat, Maestro nacional.*	Grado I.—No sentido por nadie en la localidad.
MALGRAT *D. Domingo Pons, Maestro nacional.*	Grado II.—Sacudida debilísima.
MARTORELLAS *D. Jaime Cluet, Maestro nacional.*	Grado I.—No hay noticia de que se haya sentido este temblor. Manifiesta el observador que en la comarca ocurren con frecuencia temblores de tierra.
MASNOU *D. Federico Bosch, Maestro nacional.*	Grado III.
MATARÓ *R. P. Manuel Bordás, Sch. P., Profesor.*	Grado II cuando más. No se sabe que se haya observado el fenómeno en esta localidad.

Localidad y Observador	Temblor del día 15 de junio de 1916, a las 0 h. 33 m. 34 s.
MONTGAT *D. Juan Guardia, de la Sociedad Astronómica de Barcelona.*	Grado IV.—Ruído bastante prolongado, parecido al que produce desde lejos la maquinaria de una fábrica, seguido de fuerte trepidación.
MONTMELÓ *D. José Estruch, Maestro nacional.*	Grado III.—Sintiéronse ruídos subterráneos semejantes a los de un viento huracanado y de unos 10 segundos de duración, seguidos inmediatamente de una trepidación que duró unos 3 segundos. Los ruídos precursores parecían provenir del WNW.
MONTORNÉS *D. Jaime Ester, Maestro nacional.*	Grado I.
SAN PEDRO DE PREMIÁ *D. Ramón Bordas, Maestro nacional.*	Grado III. — La duración del fenómeno fué de pocos segundos, y su dirección aparente de W a E.
SAN POL DE MAR *R. P. Andrés Puig, Párroco.*	Grado IV.—El fenómeno fué de escasa duración, y parecía ir de W a E. No se oyeron ruídos subterráneos.
SAN VICENTE DE LLAVANERAS *D. José Llobet, Maestro nacional.*	Grado II. — En el vecindario de Torrentbó, situado a 2 kilómetros de San Vicente, el fenómeno alcanzó grado III-IV.
TEYÁ *Dr. D. Jacinto Barrera, Farmacéutico.*	Grado IV.—Duró algunos segundos, percibiéndose un ruído como si viniera de lejos, y aumentando luego de intensidad fué después desvaneciéndose.
TIANA *D. Antonio Ibars, Maestro nacional.*	Grado III.—La duración no pasó de 3 segundos.

Localidad y Observador	Temblor del día 15 de junio de 1916, a las 0 h. 33 m. 34 s.
VALLGORGUINA *D. Ramón Rius, Maestro nacional.*	Grado II.
VILASAR DE DALT *D. Salvador B. Cassi, Maestro nacional.*	Grado III.—Ruído subterráneo como si arrastraran un carro cargado de hierro en dirección de W a E; de pocos segundos de duración.
VILASAR DE MAR *D. Isidro Arenas, Maestro nacional.*	Grado III.—Sacudida de muy escasa duración.

PRESENTADO
20 OCT. 1916
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

2 OCT 1916

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 3

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN SISMÓGRAFO

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. RAMÓN JARDÍ Y BORRÁS

Publicado en agosto de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 3

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN SISMÓGRAFO

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. RAMÓN JARDÍ Y BORRÁS

Publicado en agosto de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN SISMÓGRAFO

por el académico numerario

Dr. D. Ramón Jardí y Borrás

Sesión del día 30 de marzo de 1916

Desde los antiguos sismoscopios, cuyo objeto era sólo revelar la existencia de los temblores de alguna intensidad, a los modernos sismógrafos perfeccionados que acusan y miden las más débiles oscilaciones procedentes de epicentros antipodales, va una diferencia enorme, no sólo ya en lo que a su sensibilidad se refiere, sino al fin del estudio a que se les destina. Los sismógrafos actuales son verdaderos instrumentos de medida y, por consiguiente, antes de ser utilizados como tales, debe hacerse un estudio previo de sus constantes características, no sólo de las que se utilizan ordinariamente para la reducción de los sismogramas, sino también de todas las que por su discusión y comparación con las de otros aparatos pueden proporcionarnos datos relativos a su sensibilidad, precisión, etc.

Los péndulos Mainka que actualmente se hallan en servicio en el Observatorio Fabra, aunque no son mas que tipo de instrumentos de estaciones de tercer orden, con el fin de obtener de ellos el máximum de rendimiento posible y determinar sus más pequeñas particularidades, los he sometido a un detallado estudio cuyos resultados expongo en el presente trabajo.

Para el objeto que me proponía me han servido principalmente las excelentes teorías de los sismógrafos expuestas por Wiechert en su «Theorie der automatischen Seismographen» y por Galitzin en su obra «Vorlesungen über Seismometrie» a cuyos excelentes tratados deberé referirme varias veces en la presente memoria.

Las citadas teorías no se adaptan por completo al estudio de los péndulos Mainka, por lo que he tenido que modificarlas y ampliarlas convenientemente, y he llegado a consecuencias interesantísimas que deberán tenerse presente al estudiar un sismógrafo y para proyectar la construcción de estos instrumentos si se quiere alcanzar el máximum de precisión y sensibilidad.

Los péndulos Mainka, aunque su autor les llama de suspensión bifilar, son en realidad un tipo intermedio entre los de suspensión Zölner como el Galitzin y el de suspensión por pivotes como el Rebeur, o por hilo y pivote como el Milne. La suspensión superior del péndulo Mainka está formada por un alambre de acero de 15 centímetros de longitud y un milímetro de diámetro y la inferior por un

muelle de forma especial, que sostiene el peso también por tracción, tiene solo 0,1 milímetros de espesor y 5 milímetros de anchura en la parte más delgada.

La primera palanca amplificadora, que sirve al propio tiempo de pantalla del amortiguador, tiene también sus puntos de apoyo formados por muelles análogos al últimamente citado y las uniones de la masa con las palancas amplificadoras se verifica igualmente por laminillas o hilos elásticos. Todos estos muelles por su reacción, al ser deformados, tienden a llevar el peso a una posición de equilibrio, sumándose su acción con la de la gravedad, hasta tanto que en las condiciones normales de funcionamiento (de 8 a 10 segundos de período) la acción de los muelles es predominante y el eje de rotación del péndulo se halla inclinado hacia el lado opuesto de la vertical del que se halla la masa, de manera que en realidad son estos instrumentos péndulos inclinados invertidos como lo es el Wiechert respecto los péndulos verticales.

En el procedimiento expuesto por Galitzin (1) para determinar la longitud reducida del péndulo y el mencionado ángulo de inclinación del eje, se prescinde de la reacción elástica de los alambres de la suspensión, pero en los péndulos Galitzin esta reacción debe ser muy pequeña y además la finalidad de aquella teoría no es el cálculo de la inclinación sino la longitud reducida del péndulo que resulta ser independiente de aquellas reacciones elásticas.

Además, en las teorías corrientes del movimiento de los sismógrafos se prescinde de la masa e inercia de las palancas amplificadoras considerándolas como despreciables o suponiéndolas involucradas en las del péndulo; mas como veremos esta inercia puede actuar de diferente manera según la disposición de las respectivas palancas, por lo que es necesario considerarlas separadamente y estudiar la acción de ellas sobre el movimiento del péndulo.

Con estas modificaciones me propongo dar brevemente la teoría del movimiento de un sismógrafo bajo la acción de un temblor terrestre y aplicar luego las fórmulas finales a los péndulos Mainka del Observatorio Fabra.

Aunque en realidad todos los sismógrafos son sensibles a los seis movimientos, tres traslaciones y tres rotaciones, en que puede suponerse descompuesto el movimiento del suelo, en la práctica de la sismometría, para un sismógrafo dispuesto para una componente, por ejemplo la paralela al eje de la x, puede prescindirse de las otras dos componentes paralelas a los ejes de la y y de la z y que solo la rotacion según el eje y afecta el movimiento de la masa; pero según las observaciones verificadas en Göttingen y Pulkowa, estas rotaciones son lo suficientemente pequeñas para que el movimiento del suelo se considere solo paralelamente al eje de las x.

---

(1) "Vorlesungen über Seismometrie" pág. 312.

Sea A (fig. 1.ª) la masa del péndulo cuyo centro de gravedad es G; el eje de oscilación que se proyecta en O forma un ángulo i con la vertical dirigida al zénit y este ángulo lo tomaremos como positivo cuando se halla hacia el mismo lado de la vertical que el centro de gravedad de la masa conforme se indica en la figura 1.ª, y negativo cuando se forma hacia la parte opuesta. Este ángulo i será pequeño para los llamados péndulos horizontales, pero puede ser igual a 90° y entonces el péndulo es vertical, o bien igual a —90° y estamos en el caso del péndulo invertido. En un punto tal como C del péndulo hay una varilla articulada pa-

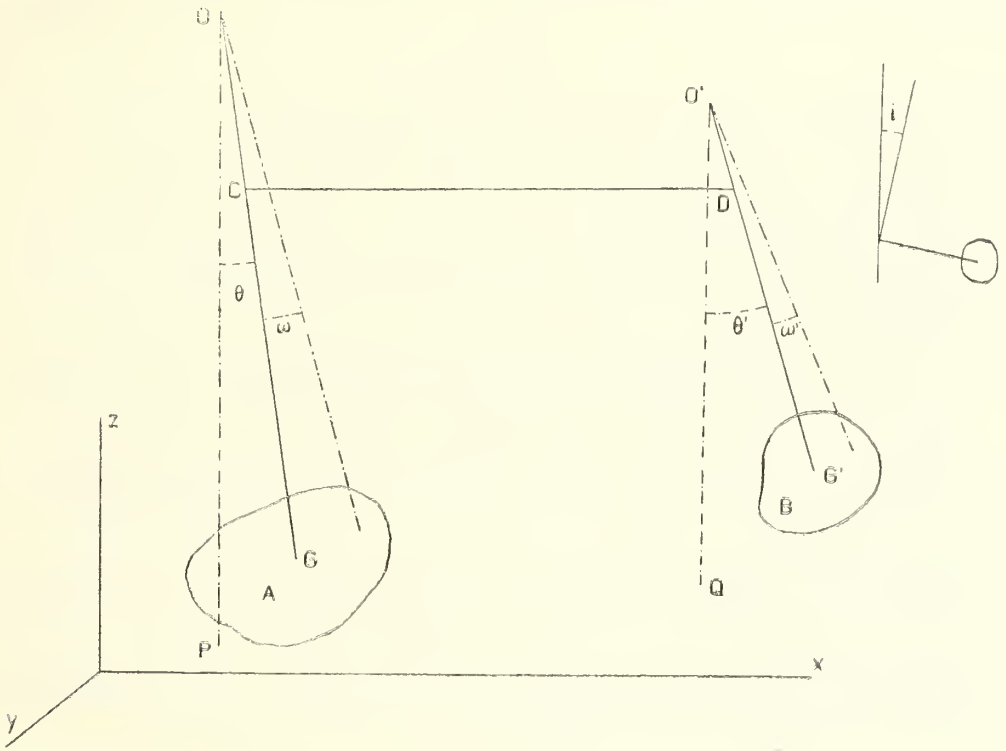


Fig. 1.ª

ralela al eje de las x, que por el otro extremo D va unida también por medio de su correspondiente articulación á la palanca amplificadora que en el caso del péndulo Mainka forma la pantalla del amortiguador. La palanca amplificadora gira alrededor del eje proyectado en O', eje que puede también formar un ángulo cualquiera con la vertical y que llamaremos i', con las mismas convenciones que para el ángulo correspondiente de la masa del péndulo. De lo dicho se desprende que las dos mitades derecha e izquierda de la figura se hallan representadas en planos diferentes, no teniendo de común más que la dirección paralela al eje de las x.

OP representa el plano, visto de canto, determinado por el eje y la posición del centro de gravedad de la masa correspondiente en la posición de equilibrio, y $O\ G$ el mismo plano desviado un ángulo θ respecto de la posición anterior. $O'Q$ y $O'\ G$ los mismos elementos del péndulo formado por las palancas amplificadoras siendo θ' el ángulo análogo al θ. Designemos respectivamente por a y b las distancias $O\ C$ y $O'\ D$, que consideraremos como positivas cuando a partir del eje se dirijan hacia el mismo lado que el centro de gravedad de la masa correspondiente y negativas si van en sentido opuesto. Entre a, b, θ y θ', supuestos estos últimos pequeños, existirá evidentemente la relación

$$\frac{\theta'}{\theta} = \frac{a}{b} = c \qquad (1)$$

llamando c a la razón $\frac{a}{b}$, que será positiva o negativa según que θ y θ' sean del mismo o de diferente signo.

Refiramos todo el sistema mecánico expuesto a unos ejes $(O, \xi, \eta, \zeta,)$ invariablemente unidos a la superficie de la Tierra, participando de todos los movimientos sísmicos y sea $(O, x, y, z,)$ otro sistema de ejes paralelo al anterior, pero invariablemente unido al conjunto del globo terrestre.

Sea $x = f(t)$ la expresión analítica del movimiento del suelo con relación a la Tierra en conjunto, es decir el movimiento de los ejes móviles (O, ξ, η, ζ) con relación a los fijos (O, x, y, z); en estas condiciones vamos a determinar cuál será el movimiento del péndulo con relación al soporte o a los ejes móviles, que será el movimiento que nosotros observaremos en el caso de movimientos sísmicos.

Para establecer la ecuación del movimiento que buscamos, observemos que estamos en presencia de un problema mecánico de movimientos relativos, sobre un sistema de ligazones con un sólo grado de libertad, por consiguiente bastará expresar que la suma de los trabajos verificados por todas las fuerzas, incluyendo las de inercia y de arrastre, es igual a cero, cuando se aplica al sistema un movimiento compatible con las ligazones.

Consideremos un punto cualquiera de masa m del péndulo A y llamemos ω el ángulo que el plano que pasa por él y el eje de rotación proyectado en O, forma con el plano que pasa por el propio eje y el centro de gravedad. Sobre este punto actuarán en un instante cualquiera las fuerzas siguientes:

1.° La fuerza de inercia $-m\frac{d^2s}{dt^2}$ en la dirección del movimiento.

2.° La fuerza $mg\ sen\ i$ debida a la gravedad.

3.° La fuerza de arrastre $-m\frac{d^2x}{dt^2}$ paralela al eje de las x.

4.° Las reacciones normales R cuyo trabajo es cero en el movimiento virtual.

y 5.º Las fuerzas elásticas del muelle del eje O cuyo momento total es K.

Análogamente sobre un punto de la parte de la derecha de la figura actuarán las fuerzas

$$-m'\frac{d^2s'}{dt^2}, \quad m'g\,sen\,i', \quad -m'\frac{d^2x}{dt^2}, \quad R' \text{ y } K'.$$

Expresando que la suma de los trabajos de todas las fuerzas, para todos los puntos del sistema, es cero cuando θ y θ' aumentan respectivamente de $d\theta$ y $d\theta'$ tendremos

$$\begin{aligned}&\Sigma\left(-m\frac{d^2s}{dt^2}ds - m\frac{d^2x}{dt^2}\cos(\theta+\omega)\,ds - mg\,sen\,i\,sen\,(\theta+\omega)\,ds\right) - K\theta\,d\theta + \\ &\Sigma\left(-m'\frac{d^2s'}{dt^2}ds' - m'\frac{d^2x}{dt^2}\cos(\theta'+\omega')\,ds' - m'g\,sen\,i'\,sen(\theta'+\omega')ds'\right) - K'\theta'd\theta' = 0\end{aligned} \tag{2}$$

Pero, puesto que

$$s = r(\theta+\omega) \qquad ds = rd\theta \qquad \frac{d^2s}{dt^2} = r\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

y las mismas relaciones con las letras acentuadas, tendremos

$$\begin{aligned}&\Sigma\left(-mr^2\frac{d^2\theta}{dt^2}d\theta - mr\frac{d^2x}{dt^2}\cos(\theta+\omega)\,d\theta - mgr\,sen\,i\,sen\,(\theta+\omega)\,d\theta\right) - K\theta\,d\theta + \\ &\Sigma\left(-m'r'^2\frac{d^2\theta}{dt^2}d\theta' - m'r'\frac{d^2x}{dt^2}\cos(\theta'+\omega')\,d\theta' - m'gr'\,sen\,i'\,sen\,(\theta'+\omega')d\theta'\right) - K'\theta'd\theta' = 0\end{aligned} \tag{3}$$

Recordando el significado de ω y las fórmulas correspondientes a la teoría de los centros de gravedad

$$\Sigma\, mr\cos\omega = Mr_o \qquad \Sigma\, mr\,sen\,\omega = 0$$

obtendremos las siguientes simplificaciones:

$$\Sigma\, mr\cos(\theta+\omega) = \cos\theta\ \Sigma\, mr\cos\omega - sen\,\theta\ \Sigma\, mr\,sen\,\omega = Mr_o\cos\theta$$

$$\Sigma\, mr\,sen(\theta+\omega) = sen\,\theta\ \Sigma\, mr\cos\omega + \cos\omega\ \Sigma\, mr\,sen\,\omega = Mr_o\,sen\,\theta$$

con iguales expresiones para las letras acentuadas.

Substituyendo en (3)

$$\left(-\frac{d^2\theta}{dt^2}\ \Sigma\ mr^2 - \frac{d^2x}{dt^2}\ Mr_o\ cos\ \theta - Mgr_o\ sen\ i\ sen\ \theta - K\theta\right) d\theta +$$
$$\left(-\frac{d^2\theta'}{dt^2}\ \Sigma\ m'r'^2 - \frac{d^2x}{dt^2} M'r'_o\ cos\ \theta' - M'gr'_o\ sen\ i'\ sen\ \theta' - K\theta'\right) d\theta' = 0 \qquad (4)$$

De (1) se deduce

$$\theta' = c\ \theta \qquad d\theta' = c d\theta \qquad \frac{d^2\theta'}{dt^2} = c\ \frac{d^2\theta}{dt^2}\ .$$

Llamando I e I' a los momentos de inercia $\Sigma\ mr^2$ y $\Sigma\ m'r'^2$, cambiando los signos y substituyendo *cos* θ y *cos* θ' por la unidad y *sen* θ y *sen* θ' por θ y θ', por ser estos ángulos muy pequeños, la (4) se transforma en

$$\left(I\frac{d^2\theta}{dt^2} + Mr_o\frac{d^2x}{dt^2} + Mgr_o\ sen\ i\ \theta + K\theta\right) d\theta$$
$$+\left(I'c\frac{d^2\theta}{dt^2} + M'r'_o\frac{d^2x}{dt^2} + M'gr'_o\ sen\ i'\ c\theta + K'\ c\theta\right) c d\theta = 0$$

o bien

$$\left(I + c^2 I'\right)\frac{d^2\theta}{dt^2} + \left(Mr_o + c\,M'r'_o\right)\frac{d^2x}{dt^2}$$
$$+\left(Mgr_o\ sen\ i + c^2\ M'\ gr'_o\ sen\ i' + K + c^2\ K'\right)\theta = 0$$

y por fin

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{Mgr_o\ sen\ i + c^2\ M'\ gr'_o\ sen\ i' + K + c^2\ K'}{I + c^2\ I'}\ \theta = -\frac{Mr_o + c\ M'r'_o}{I + c^2\ I'}\ \frac{d^2x}{dt^2} \qquad (5)$$

ecuación del movimiento del sistema propuesto que, salvo el valor de los coeficientes, coincide con la del péndulo ordinario. El periodo propio de oscilación, cuando $\frac{d^2x}{dt} = 0$, será

$$T_o = 2\pi\sqrt{\frac{I + c^2 I'}{Mgr_o \operatorname{sen} i + K + c^2 (M'gr'_o \operatorname{sen} i' + K')}} \qquad (6)$$

Introduciendo en (5) el término correspondiente al amortiguamiento proporcional a la velocidad angular, la ecuación completa del movimiento será

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\varepsilon\frac{d\theta}{dt} + \frac{Mgr_o \operatorname{sen} i + K + c^2 (M'gr'_o \operatorname{sen} i' + K)}{I + c^2 I'}\theta = -\frac{Mr_o + c\, M'r'_o}{I + c^2 I'}\frac{a^2x}{dt^2} \qquad (7)$$

Estudiemos ahora la influencia que la acción de los muelles y la masa de las palancas ejercen sobre las características del péndulo.

Si comparamos la ecuación (7) con la del mismo péndulo prescindiendo de la masa de las palancas y de los momentos K y K', que será

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\varepsilon\frac{d\theta}{dt} + \frac{Mgr_o \operatorname{sen} i}{I}\theta = \frac{Mr_o}{I}\frac{d^2\theta}{dt^2}, \qquad (8)$$

notamos en primer lugar que el momento de inercia I queda aumentado en la cantidad $c^2 I'$, y que si bien I' es pequeño, la cantidad c^2 puede ser muy grande y $c^2 I'$ una fracción muy apreciable de I.

Análoga consideración podemos hacer respecto el momento astático que, de $Mgr_o \operatorname{sen} i$, pasa a valer

$$Mgr_o \operatorname{sen} i + K + c^2 (M'gr'_o \operatorname{sen} i' + K');$$

en los péndulos horizontales $Mgr_o \operatorname{sen} i$ es pequeño por serlo $\operatorname{sen} i$, y la parte $K + c^2 (M'gr'_o \operatorname{sen} i' + K')$ será en general del mismo orden y aún podrá ser superior a $Mgr_o \operatorname{sen} i$.

Refiriéndonos a nuestros péndulos Mainka en particular si, cuando el periodo es de 8 a 9 segundos, se desembragan las palancas amplificadoras, la masa queda en posición inestable, lo que nos dice que $Mgr_o \operatorname{sen} i + K$ es negativo, lo que solo puede ocurrir siéndolo i, es decir, cuando el eje del péndulo se halla inclinado respecto la vertical hacia el lado opuesto que el centro de gravedad de la masa Además, como en dichos péndulos $i' = -90°$ y $\operatorname{sen} i' = -1$, $c^2(M'gr'_o \operatorname{sen} i + K')$ se convertirá en $c^2 (K' - Mgr_o)$ de donde resulta que los dos términos relativos

a la acción de la gravedad son negativos, y por lo tanto predominan sobre éstos las acciones elásticas K y K'.

Si en la ecuación sencilla (8), substituimos $\frac{Mr_o}{I}$ por $\frac{1}{l}$, en la que l representará la longitud reducida del péndulo o sea la distancia del centro de oscilación al eje, quedará bajo la forma dada por los autores

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\,\varepsilon\,\frac{dt}{dt} + \frac{g\,sen\,i}{l}\,\theta + \frac{1}{l}\,\frac{d^2x}{dt^2} = 0 \qquad (9)$$

Cuando el suelo se mueve de manera que la ecuación $x = f(t)$ toma la forma particular $x = x_m\, sen\ (pt + \delta)$, es decir la correspondiente a un movimiento sinusoidal, la ecuación (9) tiene por integral (*)

$$\theta = \frac{x_m}{l}\,\frac{1}{(1+u^2)\sqrt{1+\mu^2 f(u)}}\, sen\left[p\,(t-\tau) + \delta\right] \qquad (10)$$

en la que u representa la razón $\frac{1}{T_p}$ del periodo de la onda sísmica al periodo de péndulo, μ una constante dependiente del amortiguamiento y $f(u)$ la expresión $\left(\frac{2u}{1+u^2}\right)^2$. En el caso de oscilaciones sísmicas muy rápidas podemos suponer $u = 0$ y entonces el centro de oscilación, distante la cantidad l del centro, permanece invariable con relación a los ejes $(O\ x\ y\ z)$ y por lo tanto a este punto habrá que referir los movimientos del suelo.

La ecuación (10) se acostumbra escribirla así:

$$y = \frac{L}{l}\,\frac{x_m}{(1+u^2)\sqrt{1+\mu^2 f(u)}}\, sen\left[p\,(t-\tau) + \delta\right] \qquad (11)$$

siendo y la desviación sobre el papel registro y L la longitud reducida del indicador.

El periodo propio de la masa pendular sola es

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g\ sen\ i}} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mgr_o\ sen\ i}} \qquad (12)$$

(*) Galitzin, l. c. pág. 264.

Al considerar la acción de los muelles elásticos, las ecuaciones (9), (11) y (12) se convierten respectivamente en

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\,\varepsilon\,\frac{d\theta}{dt} + \left(\frac{g\,sen\,i}{l} + \frac{K + c^2\,K'}{I}\right)\theta + \frac{1}{l}\,\frac{d^2x}{dt^2} = 0 \qquad (13)$$

$$y = \frac{L}{l}\,\frac{x_m}{(1+u^2)\sqrt{1+\mu^2\,f(u)}}\,sen\left[\,p\,(t-\tau) + \delta\,\right] \qquad (14)$$

$$T = 2\,\pi\,\sqrt{\frac{I}{Mgr_o\,sen\,i + K + c^2\,K'}} \qquad (15)$$

Esta última ecuación expresa en primer lugar una disminución en el periodo del péndulo. Como nosotros disponemos de la cantidad variable i podremos modificar la inclinación del eje de oscilación del péndulo de manera que la expresión $Mgr_o\,sen\,i + K + c^2\,K'$ tenga el mismo valor $Mgr_o\,sen\,i$ que tenia antes, con lo cual restableceremos el periodo del péndulo y también los coeficientes de la ecuación diferencial (13); por lo tanto, el péndulo funcionará ahora exactamente en las mismas condiciones que sin los muelles. La única acción de estos últimos habrá sido disminuir el ángulo de inclinación i, sin ninguna ulterior influencia.

No sucede así al tener también en cuenta la masa de las palancas amplificadoras. En efecto, la ecuación diferencial del movimiento será la (7), y el momento de inercia queda con esto aumentado según hemos visto en la relación $\frac{I + c^2\,I'}{I}$ y para hacer la comparación en igualdad de periodo deberemos cambiar la inclinación para que el momento astático quede variado en la misma proporción. Haciendo

$$\frac{1}{l'} = \frac{Mr_o + c\,M'r'_o}{I + c^2\,I'} \qquad (16)$$

e introduciendo el periodo del péndulo, la ecuación (7) se transforma en la siguiente

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\,\varepsilon\,\frac{d\theta}{dt} + \frac{4\pi^2}{T_o}\,\theta + \frac{1}{l'}\,\frac{d^2x}{dt} = 0 \qquad (17)$$

que tendrá por integral, despues de reemplazar la θ por $\frac{y}{L}$ tal como hemos hecho antes,

$$y = \frac{L}{l'} \frac{x_m}{(1+u^2)\sqrt{1+\mu^2 f(u)}} \operatorname{sen}\left[p(t-\tau)+\delta\right] \qquad (18)$$

Comparando esta última con la (11) vemos que la longitud reducida del péndulo, que antes era l, ahora es l'; en las oscilaciones rápidas el punto que dista l' del eje de oscilación permanecerá inmovil con relación a la Tierra, es decir, no participará de los movimientos sísmicos. La amplificación normal del sismógrafo que antes era $\frac{L}{l}$, ahora valdrá $\frac{L}{l'}$; habrá pues variado en la relación

$$\frac{L}{l} : \frac{L}{l'} = \frac{l'}{l} = \frac{Mr_o}{I} : \frac{Mr_o + c\,M'r'_o}{I + c^2\,I'} \qquad (19)$$

que podrá representar un aumento o una disminución según los valores de c y demás cantidades que entran en la fórmula; en general será una disminución y sólo aumento en el caso de ser c positivo y $\frac{M'r'_o}{I'}$ mayor que c veces $\frac{Mr_o}{I}$, que sería el caso más favorable.

Si la palanca estuviese equilibrada, r'_o sería igual a cero y la fórmula (19) indicaría seguramente una disminución en la amplificación normal. Con mayor razón podremos decir lo mismo si c fuese negativo, es decir, que la palanca amplificadora fuese de primer género, con lo que vemos que *no es indistinta la disposición de estas últimas para conseguir un máximo de rendimiento de un sismógrafo*, particularmente si como ocurre en el caso de los péndulos Mainka, estas palancas tienen una masa apreciable por formar el amortiguador. La cuantía de esta influencia se verá más adelante al aplicar la teoría a un ejemplo numérico.

La condición de máximo rendimiento ha sido prevista y tenida en cuenta en los péndulos de nuestro Observatorio.

La fórmula (7) es aplicable a todos los tipos de sismógrafos, bastando en cada caso dar a i el valor que le corresponda conforme a las convenciones establecidas. Haciendo $i = 90^o$ la fórmula se aplica a los péndulos verticales, por ejemplo el Vicentini. Cuando $i = -90$ estamos en el caso del péndulo Wiechert y en este caso es preciso que los muelles sean fuertes para que su momento predomine sobre el de la gravedad.

La teoría que acabo de exponer, es en realidad el estudio del movimiento de

dos péndulos unidos por una ligazón y abarca también por consiguiente la teoría del doble péndulo de Eving.

Como acabamos de ver, la introducción de la palanca amplificadora modifica las características de un péndulo horizontal, y de aquí se desprende la conveniencia de discutir el procedimiento empleado para determinar la amplificación normal. Para los péndulos Mainka, el procedimiento recomendado por su autor (*) es el siguiente:

Solidariamente unido a la palanca amplificadora, que es vertical, lleva el instrumento otro brazo de palanca colocado horizontalmente; a una distancia $O'F$, que por construcción es igual a $O'D$, (fig. 2) hay un platillo en el que se coloca

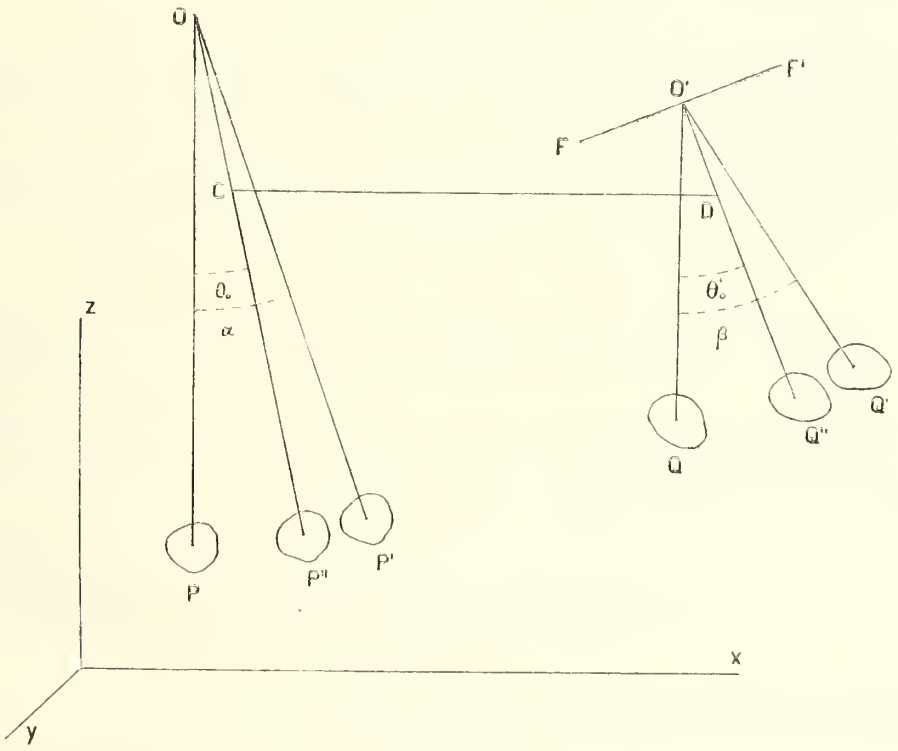


Fig. 2.ª

una pequeña masa adicional m, la cual producirá una pequena desviación de la posición de equilibrio del péndulo, desviación que se traducirá por una elonga-

---

(*) Dr. C. Mainka.—Das bifilare Kegelpendel.—Mitteilungen der Philomathischen Gesellschaft in Elsass—Lothringen (1912).

ción s sobre el papel registrador. Por construcción se ha procurado que el punto D *coincida con el centro de gravedad de la masa pendular*, de manera que $a = r_o$; en estas condiciones, la amplificación viene dada por

$$V = \frac{4M\pi^2 s}{mg' T_o^2} \qquad (20)$$

o simplemente

$$V = \frac{4Ms}{mT_o^2} \qquad (21)$$

puesto que $\frac{\pi^2}{g}$ difiere poco de la unidad.

Discutamos más detenidamente el procedimiento, y lo haremos con más generalidad de la que sería necesario, a fin de poder utilizar más adelante algunas de las fórmulas que obtendremos.

Designemos por f la longitud del brazo $O'F$; al añadir la masa m, el sistema quedará en equilibrio cuando la suma de todos los momentos, reducidos al mismo eje, sea igual a cero, lo que vendrá expresado por la siguiente condición

$$\frac{a}{b}(mgf - M'gr'_o \operatorname{sen} i'\ \theta' - K'\ \theta') - Mgr_o \operatorname{sen} i\ \theta - K\theta = 0 \quad . \qquad (22)$$

En los péndulos Mainka $i' = -90$, i es pequeño y recordando además que $\frac{a}{b} = c$ y $\theta' = c\,\theta$, queda

$$\theta = \frac{cmgf}{Mgr_o\, i + K + c^2\,(K' - M'gr'_o)} \qquad (23)$$

o bien introduciendo el periodo T_o, según la fórmula (6),

$$\theta = \frac{cmgf}{I + c^2\, I'} \times \frac{T_o^{\,2}}{4\pi^2} \qquad (24)$$

Cuando se coloca en F la pequeña masa m, se produce una desviación del sistema; designemos por α la desviación lineal (paralela al eje de las x) del centro de oscilación, que como sabemos dista la cantidad l' del eje que se proyecta

en O, y llamemos s a la desviación correspondiente de la pluma inscriptora sobre el papel; tendremos evidentemente que

$$\alpha = l'\theta \qquad s = L\theta \qquad V = \frac{s}{\alpha} = \frac{s}{l'\theta}$$

y reemplazando l' y θ por sus valores dados por (16) y (24) respectivamente,

$$V = \frac{4\pi^2 (Mr_o + c\, M'r'_o)\, s}{cmgfT_o^2}$$

Por construcción se ha hecho $f = b$; por lo tanto

$$V = \frac{4\pi^2 (Mr_o + cM'r'_o)\, s}{amgT_o^2}.$$

Para que esta fórmula se identifique con la (20) es necesario que

$$a = \frac{Mr_o + cM'r'_o}{M}$$

y no iguai a r_o solamente, como debería ser si prescindiésemos de la masa M'. En realidad, la cantidad $\frac{Mr_o + c\, M'r'_o}{M}$ discrepa poco de r_o puesto que $cM'r'_o$ es pequeño en relación a Mr_o .

Los valores Mr_o y $M'r'_o$, como veremos más adelante, son determinables experimentalmente, y por lo tanto se puede calcular $\frac{Mr_o + c\, M'r'_o}{M}$ y compararlo con el valor de a medido directamente y comprobar así si es o no aplicable con la debida aproximación la fórmula de la amplificación, reducida a su forma más sencilla (21).

Aunque en la teoría expuesta hemos supuesto el péndulo únicamente sensible a los movimientos horizontales del suelo, las inclinaciones de éste producen también desviaciones que si en realidad son insignificantes en los movimientos de origen sísmico, no lo son en las inclinaciones más o menos permanentes del suelo producidas por el calor u otros agentes, las cuales molestan bastante si la instalación del aparato no ha podido hacerse completamente en las condiciones requeridas para evitarlas.

Como podría presumirse que, por la introducción de muelles o de masas convenientemente enlazadas a la principal, podía disminuirse la sensibilidad a las inclinaciones permanentes, sin perjuicio de la amplificación normal de los movimientos horizontales, es conveniente hacer una discusión de la sensibilidad a las inclinaciones del suelo en el sistema mecánico que estudiamos.

Consideremos el sistema de los dos péndnlos unidos por una ligazón y supongamos que en la fig. 2.ª, OP y $O'Q$ representan las posiciones de equilibrio de ambos péndulos considerados separadamente, sometidos sólo a la acción de la gravedad y suponemos también, que ambas posiciones coinciden con la de los muelles no deformados.

Al inclinarse el suelo, las nuevas posiciones de equilibrio de los péndulos, sin tener en cuenta las acciones elásticas de las suspensiones, serían OP' y $O'Q'$, las cuales forman con las anteriores respectivamente los ángulos α y β, pero como en realidad los péndulos se hallan enlazados entre sí y actúan los muelles respectivos, la verdadera posición de equilibrio corresponderá a las OP'' y $O'Q''$ determinadas por los ángulos θ_o y θ'_o dados por la condición de que la suma de todos los momentos que actúan sobre el sistema en esta nueva posición sea cero. Esta condición es la siguiente:

$$Mgr_o \operatorname{sen} i\,(\alpha - \theta_o) - K\theta_o + c\left[\, M'gr'_o \operatorname{sen} i'\,(\beta - \theta'_o) - K'\theta'_o \,\right] = o \qquad (25)$$

Para mayor simplificación coloquémonos en el caso particular de los péndulos Mainka en los que i es muy pequeño e $i' = -1$. Esta simplificacion no quita generalidad a la consecuencia que deduciremos.

Cuando un péndulo inclinado no posee muelles de suspensión, es decir, no está sometido a otras fuerzas que las de la gravedad, y el plano determinado por su centro de gravedad en la posición de equilibrio coincide con plano $z\,y$, se sabe (*) que si se dá al soporte un movimiento de rotación Ψ alrededor del eje y, contado positivamente en el sentido $z\,x$, la nueva posición de equilibrio discrepa del anterior en un ángulo α, que para valores pequeños de α, de i y de Ψ, viene dado por

$$\alpha = \frac{\Psi}{i}$$

fórmula que es general tanto para i positivo como negativo, sólo que en este último caso el correspondiente estado de equilibrio es inestable. Este ángulo α es el designado con la misma letra en la condición (25). Para el ángulo β es fácil

(*) V. Galitsin, l. c. pág. 243.

ver que la primera palanca del péndulo Mainka es un péndulo invertido en el que $i' = -90^o$, $sen\ i' = -1$ y que el ángulo β, para la inclinación Ψ, vale

$$\beta = -\Psi$$

Con esto, la ecuación (25) se convierte en la siguiente:

$$Mgr_o\ i\ \alpha = Mgr_o\ i\ \theta_o - K\theta_o + c\ (-M'gr'_o\ \beta + M'gr'_o\ \theta'_o - K'\theta'_o) = 0$$

o bien

$$Mgr_o\ \Psi - Mgr_o\ i\ \theta_o - K\theta_o + c^2\ M'gr'_o\ \theta_o + c\ M'gr'_o\ \Psi - c^2\ K'\ \theta_o = 0$$

de donde

$$\theta_o = \frac{Mgr_o + c\ M'gr'_o}{Mgr_o\ i + K + c^2(-M'gr'_o + K')}\ \Psi \qquad (26)$$

La masa pendular sola sin el muelle de suspensión daría para θ_o

$$\theta_o = \frac{Mgr_o}{Mgr_o\ i}\ \Psi = \frac{\Psi}{i} \qquad (27)$$

como ya sabíamos.

Con el muelle de suspensión θ_o valdría

$$\theta_o = \frac{Mgr_o}{Mgr_o\ i + K}\ \Psi \qquad (28)$$

y aparentemente habría disminuído el valor de θ_o, pero si la comparación la hacemos para el mismo periodo, observaremos que al introducir el muelle, T_o disminuye y para darle el mismo valor que tenía antes se puede disponer de la variable i de manera que la expresión $Mgr_o\ i + K$ tenga el mismo valor que tenía antes $Mgr_o\ i$ solamente, y por lo tanto los valores de θ_o dados por (27) y por (28) tienen exactamente el mismo valor. Vemos, pues, que la introducción de muelles elásticos no introduce variación en la sensibilidad de inclinación, como no lo introduce según hemos visto en la amplificación normal de los movimientos transversales.

Al introducir las palancas de masa apreciable obtenemos para θ_o el valor (26), pero antes de compararlo con el (28) hemos de dar a i el valor i_1 tal que

$$\frac{Mgr_o\ i + K}{Mgr_o\ i_1 + K + c^2\ (-M'gr'_o + K')} = \frac{I}{I + c^2\ I'}$$

a fin de restablecer el mismo periodo de antes. Entonces el nuevo valor de θ_o dado por (26), que llamaremos $\theta_o^{(1)}$, estará con el θ_o, dado por (28), en la relación

$$\frac{\theta_o^{(1)}}{\theta_o} = \frac{Mgr_o + c\,M'gr'_o}{Mgr_o} \times \frac{I}{I + c^2\,I'} = \frac{Mr_o + c\,M'r'_o}{I + c^2\,I'} : \frac{Mr_o}{I}$$

y según los valores de l y l'

$$\frac{\theta_o^{(1)}}{\theta_o} = \frac{l}{l'} = \frac{V'}{V}$$

es decir, que la sensibilidad de inclinación permanente variará por la introducción de la masa de las palancas en la misma relación que la amplificación normal de los movimientos horizontales del suelo.

De lo dicho se desprende que la sensibilidad de un péndulo a los movimientos rápidos de traslación y a la inclinación permanente del suelo, van unidas de tal manera que es imposible aumentar o disminuir la una sin que aumente o disminuya la otra en la misma proporción.

Nótese que nos referimos a las inclinaciones permanentes y no a las variaciones rápidas de inclinación, objeto de registro en los clinógrafos. Este último caso no forma parte de nuestro estudio.

En todo cuanto llevamos dicho, hemos supuesto que el péndulo tenía una sola palanca de amplificación, y en realidad, en la mayoría de los sismógrafos, el movimiento de la primera palanca es nuevamente amplificado por una segunda y a veces por una tercera, pero es fácil generalizar las fórmulas correspondientes, permaneciendo las mismas consecuencias deducidas anteriormente.

Suponiendo que existan sólo dos palancas, la ecuación del movimiento del nuevo sistema, será

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\,\varepsilon\,\frac{d\theta}{dt} + \frac{Mgr_o\,sen\,i + K + c^2\left[M'gr'_o\,sen\,i' + K' + c'^2\,(M''gr_o\,sen\,i'' + K'')\right]}{I + c^2\,(I' + c'^2\,I'')}\,\theta$$

$$= -\frac{Mr_o + c\,(M'r'_o + c'M''r''_o)}{I + c^2\,(I' + c'^2\,I'')}\,\frac{d'x}{dt^2}$$

designando por c' la relación $\frac{\theta''}{\theta'}$ entre el movimiento angular de la segunda

palanca y el de la tercera y por K'' I'' M'' r'' las características designadas por las mismas letras pero con un solo acento de la primera palanca.

En el caso particular de los péndulos Mainka, la segunda palanca se halla equilibrada de manera que $r''_o = 0$ y como ya sabemos que i es pequeño e $i' = -90°$, la ecuación anterior se reduce a

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\varepsilon \frac{d\theta}{dt} + \frac{Mgr_o i + K + c^2 (K' - M'gr'_o) + c^2 c'^2 K''}{I + c^2 I' + c^2 c'^2 I''}\theta$$

$$= -\frac{Mr_o + c M'r'_o}{I + c^2 I' + c^2 c'^2 I''} \frac{d^2x}{dt^2} \qquad (29)$$

cuya discusión nos conduciría a las mismas consecuencias ya expuestas.

Después de lo que antecede podemos ya exponer la manera como podrán determinarse las diferentes cantidades que intervienen en un péndulo.

Consideremos primeramente el péndulo sin palancas amplificadoras. La ecuación diferencial de su movimiento propio es

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\varepsilon \frac{d\theta}{dt} + \frac{Mgr_o i + K}{I} = 0$$

que como es sabido representa un movimiento oscilatorio amortiguado, cuyo período reducido, o sin amortiguamiento, es $T = \frac{2\pi}{n}$ siendo

$$n^2 = \frac{Mgr_o i + K}{I} \qquad (30)$$

valor que podremos determinar midiendo T en la forma conocida. Recordando que $\frac{Mr_o}{I} = \frac{1}{l}$, el valor de n^2 podrá escribirse así

$$n^2 = \frac{gi}{l} + \frac{K}{I}$$

o bien llamando n_o e i_o los valores de n e i de partida

$$\left(n_o^2 - \frac{K}{I}\right)\frac{l}{g} = i_o; \qquad (31)$$

por medio de los tornillos que sirven de pies al aparato podemos variar la inclinación del eje, o sea variar el ángulo i de las cantidades $\Delta_1 i$, $\Delta_2 i$..... y obtendremos para cada caso una ecuación análoga a la (31) las cuales formarán el sistema

$$\left.\begin{aligned} \left(n^{o2} - \frac{K}{I}\right)\frac{l}{g} &= i_o \\ \left(n_1^{\,2} - \frac{K}{I}\right)\frac{l}{g} &= i_o + \Delta_1 i \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \left(n_s^{\,2} - \frac{K}{I}\right)\frac{l}{g} &= i_o + \Delta_s i \end{aligned}\right\}.$$

Si hacemos

$$x = i_o \qquad y = \frac{l}{g} \qquad z = \frac{K}{I}$$

queda

$$\left.\begin{aligned} n_o^{\,2} y - (zy + x) &= 0 \\ n_1^{\,2} y - (zy + x) &= \Delta_1 i \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ n_s^{\,2} y - (zy + x) &= \Delta_s i \end{aligned}\right\}$$

sistema que apesar de que contiene tres incógnitas no son todas calculables separadamente, sino que sólo lo es la y y la expresión $zy + x$, que llamándola X, el sistema se puede escribir así

$$\left.\begin{aligned} n_o y - X &= 0 \\ n_1^{\,2} y - X &= \Delta_1 i \\ n_2^{\,2} y - X &= \Delta_2 i \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ n_s y - X &= \Delta_s i \end{aligned}\right\} \qquad (32)$$

Para el cálculo de las dos incógnitas bastarían dos ecuaciones; pero será me-

jor utilizarlas todas, tratándolas por el método de los mínimos cuadrados en la forma ordinaria.

Los valores $\Delta_1 i$, $\Delta_2 i$..... serán facilmente determinables por el método óptico ya empleado para este objeto por Galitzin, colocando un espejo en el soporte y una regla dividida juntamente con un anteojo a cierta distancia del aparato.

El valor más probable de y que nos resultará del sistema anterior será el de $\frac{l}{g}$; de donde sacaremos l o sea la longitud reducida de la masa pendular sola. La otra incógnita dará

$$X = \frac{K}{I}\,\frac{l}{g} + i_o$$

en la que todavía quedan tres cantidades desconocidas K, I e i_o.

Al aplicar las palancas amortiguadoras, el movimiento libre del sistema resulta también pendular amortiguado, con un período reducido $T_1 = \frac{2\pi}{n}$; pero n viene en este caso dado por

$$n'^2 = \frac{Mgr_o\, i}{I + c^2 I'} + \frac{K + c^2\,(K' - M'gr'^o)}{I + c^2 I'} \qquad (*)$$

o simplificando por la introducción de las cantidades

$$\frac{1}{l_1} = \frac{I + c^2\, I'}{Mr_o} \qquad K_1 = K' - M'gr'_o \qquad (33)$$

queda

$$n'^2 = \frac{g\, i}{l_1} + \frac{K + c^2\, K_1}{I + c^2\, I'}$$

y si como antes determinamos los diferentes valores de n'_o, n'_1, n'_2. . . . . correspondientes a los ángulos de inclinación del eje i_1, $i_1 + \Delta_1 i_1$, $i_1 + \Delta_2 i_1$,. . . . . de los que podremos medir las diferencias $\Delta_1 i_1$, $\Delta_2 i_1$, ... obtendremos el nuevo sistema

(*) Consideramos el caso particular del Mainka en que i es pequeño e $i' = -90°$.

$$n'_o{}^2 = \frac{g i_1}{l_1} + \frac{K + c^2 K'}{I + c^2 I'}$$

$$n'_1{}^2 = \frac{g (i_1 + \Delta_1 i_1)}{l_1} + \frac{K + c^2 K'}{I + c^2 I'}$$

. . . . . .

. . . . . .

$$n'_s{}^2 = \frac{g (i_1 + \Delta_s i_1)}{l_1} + \frac{K + c^2 K'}{I + c^2 I'}$$

que se transforma en el siguiente:

$$\left.\begin{array}{l} n'_o{}^2 y' - X' = 0 \\ n'_1{}^2 y' - X' = \Delta_1 i_1 \\ \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \\ n'_s{}^2 y' - X' = \Delta_s i_1 \end{array}\right\}$$

hagamos

$$y' = \frac{l'}{g} \qquad \text{y} \qquad X' = \frac{K + c^2 K_1}{I + c^2 I'} \frac{l'}{g} + i_1 ;$$

cuyos valores más probables deduciremos del último sistema, por el método de los mínimos cuadrados.

Del valor de y' deduciremos inmediatamente

$$l_1 = g\, y'$$

El valor de X' se podrá transformar si recordamos que

$$\frac{l_1}{l} = \frac{I + c^2 I'}{I}$$

y quedará

$$X' = \frac{K + c^2 K_1}{I} \frac{l}{g} + i_1 = \frac{K}{I} + c^2 \frac{l}{g} \frac{K_1}{I} \frac{l}{g} + i_1$$

y restándole el valor de X antes obtenido,

$$X' - X = c^2 \frac{K_1}{I} \frac{l}{g} + (i_1 - i_o) \qquad (34)$$

de cuya expresión conocemos $X' - X$, l e $i_1 - i_o$. Por el procedimiento óptico podremos medir un par de valores correspondientes de θ y θ' cuya razón nos dará $c = \frac{\theta'}{\theta}$ y de la última ecuación calcularemos $\frac{K_1}{I}$

Cuando más arriba hemos determinado la fórmula para el cálculo de la amplificación normal, hemos encontrado que, al añadir la masa m, la nueva posición del péndulo venía determinada por la condición (23), que podremos escribir así

$$\frac{c\, m\, g\, f}{\theta} = Mgr_o i + K + c^2 (K' - M'gr'_o)$$

o simplemente

$$H = K_o + Mgr_o i$$

si hacemos

$$H = \frac{c\, m\, g\, f}{\theta} \qquad \text{y} \qquad K_o = K + c^2 (K' - M'gr'_o)$$

Para los diferentes valores de i tales como i_1, $i_1 + \Delta_1 i_1$, $i_1 + \Delta_2 i_1$, ... obtendremos el sistema

$$\left.\begin{aligned} H_o &= K_o + Mgr_o\, i_1 \\ H_1 &= K_o + Mgr_o\, (i_1 + \Delta_1 i_1) \\ H_2 &= K_o + Mgr_o\, (i_1 + \Delta_2 i_1) \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ H_s &= K_o + Mgr_o\, (i_1 + \Delta_s i_1) \end{aligned}\right\}$$

del cual se deduce el siguiente:

$$\left.\begin{aligned} H_1 - H_o &= Mgr_o\, \Delta_1 i_1 \\ H_2 - H_o &= Mgr_o\, \Delta_2 i_1 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ H_s - H_o &= Mgr_o\, \Delta_s i_1 \end{aligned}\right\} \qquad (35)$$

que permitirá calcular como siempre Mgr_o.

Dividiendo por g tendremos Mr_o.

Por fin, como la masa M se ha podido pesar antes de montar el sismógrafo, tenemos el valor de r_o.

Para que la fórmula de la amplificación dada por Mainka sea aplicable al sismógrafo, hemos visto que era preciso que la distancia que hemos designado por a sea igual a

$$\frac{Mr_o + c\,M'r'_o}{M}$$

Esta cantidad se podrá calcular cuando conozcamos el valor de $M'r'$. Para determinarlo he seguido el siguiente procedimiento:

Separado el amortiguador del aparato, se le añade un pequeño espejo para medir por el método óptico las inclinaciones angulares θ_1 y θ_2 que se producen al trasladar una pequeña masa m de un extremo a otro del mismo brazo FF' que nos servía antes para determinar la amplificación, primero en la posición ordinaria del amortiguador, es decir, funcionando como un péndulo invertido, en cuyo caso la condición de equilibrio será

$$m_1 g f_1 = (K' - M'g r'_o)\,\theta_1$$

y después invirtiéndolo de manera que funcione como péndulo vertical ordinario, de modo que nos dará la siguiente condición

$$m_2 g f_2 = (K' + M'g r'_o)\,\theta_2$$

de las cuales deducimos

$$\frac{m_2 g f_2}{\theta_2} - \frac{m_1 g f_1}{\theta_1} = 2\,M'g r'_o$$

y por fin

$$M'r'_o = \frac{1}{2}\left(\frac{m_2 f_2}{\theta_2} - \frac{m_1 f_1}{\theta_1}\right)$$

La fórmula que da el periodo del péndulo es $T = 2\pi\sqrt{\frac{I_1}{H}}$, o bien recordando que $n^2 = \frac{4\pi^2}{T_o}$, $n'^2\,I_1 = H$, ecuación que nos permitirá escribir para los diferentes periodos correspondientes a diferentes inclinaciones del eje

$$\left.\begin{aligned} n'_1{}^2\, I_1 &= H_1 \\ n'_2{}^2\, I_1 &= H_2 \\ &\cdots\cdots\cdots \\ &\cdots\cdots\cdots \\ n'_s{}^2\, I_1 &= H_s \end{aligned}\right\} \qquad (36)$$

de cuyo sistema se sacará el valor más probable de $I_1 = I + c^2\, I'$.

Conocido $I + c^2\, I'$, la relación

$$\frac{I + c^2\, I}{I} = \frac{l_1}{l} \qquad (37)$$

nos dará separadamente I e I' .

Como conocemos $\frac{K_1}{I}$ tendremos K_1 y también (33)

$$K' = K_1 + M' g r'_o$$

La longitud reducida del péndulo correspondiente al sistema masa pendular y amortiguador será calculable por la expresión

$$\frac{l}{l'} = \frac{M r_o + c\, M' r'_o}{I + c^2\, I'}.$$

La única cantidad que no hemos podido expresar numéricamente es el ángulo i_o o el i'_o, porque su valor se halla íntimamente ligado con el momento K de los muelles que sostienen la masa principal del péndulo, como puede verse en la expresión que hemos designado por X. El mencionado momento elástico se compone de la suma geométrica de los momentos de la suspensión superior e inferior. El de esta última es muy fácil de medir por un procedimiento análogo al empleado para medir $K' \pm M' g r'_o$ correspondiente al amortiguador. Pero la suspensión superior trabaja por torsión y por flexión; la medición del momento de torsión, no presenta dificultad, mas el de flexión, que debe ser medido con la misma carga que sostiene en las condiciones de funcionamiento, presenta dificultades que no he podido resolver de una manera satisfactoria.

Para terminar, estudiemos las características del péndulo cuando se añade la segunda palanca amplificadora. La ecuación del movimiento aplicada a los péndulos Mainka hemos visto que era la (29), de la cual se deduce que

$$n_2^2 = \frac{4\pi^2}{T_1^2} = \frac{Mgr_o\, i + K + c^2\,(K' - M'gr'_o) + c^2 c'^2 K''}{I + c^2 I' + c^2 c'^2 I''} \qquad (38)$$

La cantidad que figura en el numerador es el momento astático, que podremos medir como hemos hecho antes, y llamándole H_2 tendremos

$$n_2^2 = \frac{H_2}{I + c^2 I' + c^2 c'^2 I''} \qquad (39)$$

Si sin cambiar el ángulo i desenlazamos la segunda palanca queda

$$n_1^2 = \frac{Mgr_o\, i + K + c^2\,(K' - M'gr'_o)}{I + c^2 I'} = \frac{H_1}{I + c^2 I'}$$

de esta expresión y de la anterior se deduce

$$\frac{H_2}{n_2^2} - \frac{H_1}{n_1^2} = c^2 c'^2 I'' \quad (*) \qquad (40)$$

de lo cual se puede deducir I'' midiendo c' como antes hemos medido c .

Restando los dos valores de H queda

$$H_2 - H_1 = c^2 c'^2 K'' \qquad (41)$$

de donde se deduce el valor de K''

La nueva longitud reducida del péndulo que influye en el valor de la amplificación normal, la calcularemos observando que

$$\frac{1}{l''} = \frac{Mr_o + c\,M'r'_o}{I + c'\,I' + c^2 c'^2 I''} \qquad \frac{1}{l'} = \frac{Mr_o + c\,M'r'_o}{I + c^2 I'}$$

(*) Este método resultaría más preciso midiendo H_1 y H_2 con sus correspondientes T_1 y T_2, para diferentes valores del ángulo i, y deducir el valor de $c^2 c'^2 I''$ por el método de los mismos cuadrados, pero de todos modos esta cantidad, medida de esta manera, resulta siempre con gran indeterminación por ser ella pequeña y venir expresada por la diferencia de dos cantidades muy grandes que difícilmente pueden medirse con exactitud.

de donde

$$l'' = l' \frac{I + c^2 I'}{I + c^2 I' + c^2 c'^2 I''}.$$

Queda por fin la cantidad

$$\frac{Mr_o + i\, M' r'_o + c^2 c'^2 M' r''_o}{M}$$

que debe ser igual a a, pero su valor es el mismo con la segunda palanca que sin ella porque $r''_o = o$.

APLICACIÒN A LOS PÉNDULOS MAINKA, DEL OBSERVATORIO FABRA

El método de cálculo de las características de un sismógrafo que acabamos de exponer, lo he aplicado a los péndulos Mainka de nuestro Observatorio.

En los siguientes cuadros, T_o representa la duración de una oscilación completa del péndulo sin amortiguamiento, o sea corregido por el decrecimiento logarítmico, h la lectura sobre la escala vertical, mediante la cual se apreciaban las variaciones de inclinación del soporte del péndulo por el método de Poggendorff, D la distancia del espejo a la escala, n^2 la cantidad $\frac{4\pi^2}{T_o^2}$, y Δi las variaciones de la inclinación calculadas con los valores de h y D.

«Sin amortiguador», quiere decir que el estudio ha sido hecho sobre la masa pendular solamente, sin ninguna palanca amplificadora.

PÉNDULO E W — SERIE SIN AMORTIGUADOR

D = distancia del espejo a la escala 381 cm.

	T_o	h	n^2	Δi
I	18,08	746,5	0,1207	0,00000
II	14,00	732,5	0,2014	0,00184
III	11,82	719,5	0,2826	0,00354
IV	10,21	704,0	0,3787	0,00558
V	7,15	638,5	0,7722	0,01418

Con estos datos se forma el sistema de ecuaciones que corresponden a las (32)

$$\left.\begin{aligned} 0{,}1207\ y - X &= 0{,}00000 \\ 0{,}2014\ y - X &= 0{,}00184 \\ 0{,}2826\ y - X &= 0{,}00354 \\ 0{,}3787\ y - X &= 0{,}00558 \\ 0{,}7722\ y - X &= 0{,}01418 \end{aligned}\right\}$$

Tomando solamente la primera y la última de estas ecuaciones y resolviendo el sistema formado por ellas, obtenemos los valores de sus incógnitas

$$y_o = 0{,}02176 \qquad X_o = 0{,}002627$$

Haciendo $X = X_o - \xi$ e $y = y_o + \eta$, es decir, $X = 0{,}002627 - \xi$ e $y = 0{,}02176 + \eta$, y sustituyendo en el sistema anterior obtendremos para cada ecuación los valores residuales expresados por los segundos miembros de las ecuaciones

$$\left.\begin{aligned} \xi + 0{,}1207\ \eta &= \pm\ 0{,}000000 \\ \xi + 0{,}2014\ \eta &= +\ 0{,}000085 \\ \xi + 0{,}2826\ \eta &= +\ 0{,}000017 \\ \xi + 0{,}3787\ \eta &= -\ 0{,}000033 \\ \xi + 0{,}7722\ \eta &= \pm\ 0{,}000000 \end{aligned}\right\}$$

y aplicando a este sistema el método ordinario de cálculo de la teoría de los mínimos cuadrados obtendremos las ecuaciones normales

$$\left.\begin{aligned} 5\ \xi \quad + 1{,}7556\ \eta &= +\ 0{,}000069 \\ 1{,}7556\ \xi \quad + 0{,}8747\ \eta &= +\ 0{,}00000943 \end{aligned}\right\}$$

que nos dan los valores más probables de ξ y η:

$$\xi = +\ 0{,}0000339 \qquad \eta = -\ 0{,}0000573.$$

Por consiguiente, los valores más probables de X e y serán:

$$X = 0{,}002593 \qquad y = 0{,}021703.$$

De este último deducimos la longitud reducida del péndulo:

$$l = g\,y = 212{,}7 \text{ milímetros}.$$

Añadiendo la primera palanca amplificadora o sea la que lleva el amortiguador, las observaciones verificadas sobre el péndulo van resumidas en el siguiente cuadro, en el cual se han añadido respecto al anterior, las columnas m, f, d, que representan para cada posición del soporte: m la masa adicional que se coloca en los platillos que sirven para determinar la amplificación normal, f el brazo de palanca correspondiente, d la desviación leida sobre la escala horizontal colocada a la distancia de $D' = 265$ cm. del espejo, mediante las cuales se aprecian las desviaciones θ, producidas por la adición de la masa m y por fin en la columna H están los valores de los momentos astáticos calculados con los datos anteriores.

PÉNDULO E W — SERIE CON EL AMORTIGUADOR

D = distancia del espejo a la escala vertical, 381 cm.

	T	$h\ ^m/_m$	n^2	Δi	m	f	d	H
	s							
I	13,39	797,5	0,2202	0,00000	1,5 g	2×8	35,5	10540000
II	10,93	779,0	0,3305	0,00242	3,5	2×8	55,0	15870000
III	7,81	747,5	0,5204	0,00656	6,5	2×8	64,0	25330000
IV	6,06	654,0	1,0750	0,01883	6,5	2×8	31,0	52290000
V	5,83	638,5	1,1615	0,02086	6,5	2×8	29,3	55330000

Estos valores permiten escribir el sistema análogo al ya resuelto anteriormente:

$$\left.\begin{aligned} 0{,}2202\ y' - X' &= 0{,}00000 \\ 0{,}3305\ y' - X' &= 0{,}00242 \\ 0{,}5204\ y' - X' &= 0{,}00656 \\ 1{,}0750\ y' - X' &= 0{,}01883 \\ 1{,}1615\ y' - X' &= 0{,}02086 \end{aligned}\right\}$$

La primera y la última solamente, dan para y' y X' los valores

$$X'_o = 0{,}00048798 \qquad y'_o = 0{,}022161$$

que sustituidos en el sistema anterior después de hacer $X' = X'_o - \xi'$ e $y' = y'_o + \eta'$ nos dan el siguiente:

$$\left.\begin{aligned} \xi' + 0{,}2202\ \eta' &= \pm\ 0{,}000000 \\ \xi' + 0{,}3305\ \eta' &= -\ 0{,}000024 \\ \xi' + 0{,}5204\ \eta' &= -\ 0{,}000093 \\ \xi' + 1{,}0750\ \eta' &= -\ 0{,}000113 \\ \xi' + 1{,}1615\ \eta' &= \pm\ 0{,}000000 \end{aligned}\right\}$$

De este sistema el método de los mínimos cuadrados nos facilita las ecuaciones normales

$$\left.\begin{aligned} 5\ \xi' + 3{,}3076\ \eta' &= -\ 0{,}000230 \\ 2{,}9332\ \xi' + 0{,}8747\ \eta' &= -\ 0{,}0001778 \end{aligned}\right\}$$

que resueltas dan para sus incógnitas los valores

$$\xi' = -\ 0{,}0000228 \qquad y' = -\ 0{,}0000344$$

y por lo tanto los valores más probables de las primitivas incógnitas X' e y' serán

$$X' = 0{,}000488 + 0{,}000023 = 0{,}000511$$
$$y' = 0{,}022161 - 0{,}000034 = 0{,}022127$$

La longitud l_1 (que no es la nueva longitud reducida del péndulo) valdrá

$$l_1 = g\ y' = 216'9 \text{ mm.}$$

Restando los valores de X' y de X calculados tenemos

$$X' - X = -\ 0{,}002082$$

El valor $c = \dfrac{\theta'}{\theta}$, ya hemos dicho que se puede determinar fácilmente midiendo directamente por el método óptico un par de valores de θ y θ'. Para verificar la medición, la escala correspondiente al ángulo θ distaba del espejo 2720 mm. y la correspondiente al ángulo θ' 3570 mm., las desviaciones leídas sobre las escalas respectivas fueron 31,5 y 124,0 mm., de cuyos valores se deduce $c = 2{,}9994$ o más sencillamente:

$$c = 3{,}00$$

El ángulo $i_1 - i_o$ vendrá dado por

$$i_1 - i_o = \frac{1}{2} \frac{746.5 - 797,5}{3810} = - 0,00669$$

Con todos estos valores conocidos, la fórmula (34) nos dará:

$$\frac{K}{I} = 0,02359$$

Siguiendo paso a paso el procedimiento de cálculo expuesto màs arriba tenemos que con los datos del último cuadro podremos formar las ecuaciones de los momentos astáticos correspondientes al sistema (35):

$$\left.\begin{aligned} 5330000 &= M\ g\ r_o \times 0,00242 \\ 14700000 &= M\ g\ r_o \times 0,00656 \\ 41750000 &= M\ g\ r_o \times 0,01883 \\ 44790000 &= M\ g\ r_o \times 0,02086 \end{aligned}\right\}$$

el cual da para el producto $M\ g\ r_o$

$$2182.6 \times 10^6 \qquad \text{(U. C. G. S.)},$$

de donde

$$M\ r_o = 2226000 \text{ gramos-centímetros}$$

La masa M medida directamente es de 144,2 kg.; por lo tanto

$$r_o = 154,4 \text{ mm.}$$

En la forma explicada más arriba se ha determinado el valor de $M'\ r'_o$ correspondiente al amortiguador, obteniendo el resultado siguiente. Estando el amortiguador en la posición ordinaria y trasladando el peso de 1 g. de un extremo a otro de la palanca horizontal de 16 cm., la desviación leída ópticamente sobre la escala colocada a 2220 mm. fué de 30,9 mm. Con el amortiguador invertido, con un peso de 5,22 gm. y el mismo brazo de palanca, la desviación fué 45,2 mm. a la distancia de 2200 mm. De estos valores se deduce que

$$M'\ r'_o = 2916 \text{ gramos centímetros}$$

y por lo tanto

$$\frac{M r_o + c M' r'_o}{M} = 155{,}0 \text{ mm.}$$

Este valor debe ser igual a la cantidad designada por a, la cual es difícil medir con exactitud; pero el promedio de varias mediciones directas verificadas sobre el aparato resulta ser igual a 153,5 mm. cuya concordancia con el valor ultimamente calculado es más que satisfactoria y nos prueba la excelente y bien ideada construcción de los péndulos de nuestro Observatorio.

El sistema de ecuaciones (36) se convierte para nuestro caso numérico en el siguiente

$$\left.\begin{aligned} 0{,}2202\ I_1 &= 10540000 \\ 0{,}3305\ I_1 &= 15870000 \\ 0{,}5204\ I_1 &= 25330000 \\ 1{,}0750\ I_1 &= 52290000 \\ 1{,}1615\ I_1 &= 55330000 \end{aligned}\right\}$$

que resuelto nos da:

$$I_1 = I + c^2 I' = 48{,}14 \times 10^6 \text{ gramos-centímetro}$$

La relación (37) da

$$I = 47{,}21 \times 10^6 \quad \text{(U. C. G. S.)}$$
$$I' = 0{,}104 \times 10^6 \quad \text{(U. C. G. S.)}$$

Del valor de $\frac{K_1}{I}$ y del de I que acabamos de obtener resulta

$$K_1 = 1114000 \quad \text{(U C. G. S.)}$$

Y de $K_1 = K' - M' g r'_o$

$$K' = 3972000$$

Calculado l' resultó

$$l' = 215{,}4$$

Para tener una idea de la influencia de las últimas palancas, he determinado

también por el método expuesto el valor de K'' e I'' obteniendo el resultado siguiente.

Al hacer oscilar el péndulo sin las segundas palancas obtengo un periodo de 9,73 segundos, que da $n^2 = 0{,}4170$, y al trasladar un peso de 2 gr. de un extremo a otro en la palanca de 16 cm. unida al amortiguador, la desviación leída ópticamente sobre una escala colocada a 250 cm. es de 24,2 mm. a cuyo valor corresponde $H_1 = 19310000$.

Repitiendo la operación con las últimas palancas enlazadas resulta $T = 8{,}90$, $n^2 = 0{,}4984$, y con los mismos pesos y brazos de palanca de antes la desviación es de 20,1 o sea $H_2 = 23360000$, y por la ecuación (40) se obtiene

$$c^2 c'^2 I'' = 370000.$$

Más este valor en sí no tiene ninguna garantía de exactitud por la razón expuesta en la parte teórica, pero sí nos dice, y esto es importante, que la inercia de las últimas palancas es completamente despreciable al lado de la del péndulo, lo que no sucede con la masa del amortiguador.

La fórmula (45) da

$$H_1 - H_2 = c^2 c'^2 K'' = 3950000,$$

que nos dice que los muelles que unen las últimas palancas con el amortiguador tienen importante influencia en el movimiento del péndulo y que a ellos casi exclusivamente se debe la diferencia entre los periodos de 8,90 y 9,73 correspondientes a la misma posición del soporte pero sin palancas o con ellas.

Un estudio idéntico ha sido hecho para el péndulo $N\,S$, del cual me limitaré a transcribir los valores numéricos del resultado, que designaré con las mismas letras que en la parte teórica:

$$\left.\begin{aligned} X &= 0{,}003295 \\ y &= 0{,}0244 \\ l &= 200{,}3 \text{ mm.} \end{aligned}\right\} \qquad \left.\begin{aligned} X' &= 0{,}003010 \\ y' &= 0{,}02093 \\ l' &= 205{,}2 \text{ mm.} \end{aligned}\right\}$$

$$X' - X = -\,0{,}000285$$

$$c = \frac{\theta'}{\theta} = 2{,}98$$

$$i_1 - i_0 = -\,0{,}01220$$

$$\frac{K_1}{I} = 0{,}06561$$

$$Mgr_o = 2157{,}2 \times 10^6$$

$$Mr_o = 2201000$$

$$M = 141{,}1 \text{ Kg.}$$

$$r_o = 155{,}9 \text{ mm.}$$

$$Mr'_o = 2643 \text{ gramos-centímetros}$$

$$\frac{Mr_o + c\,M'r_o}{M} = 156{,}4 \text{ mm.}$$

$$\left.\begin{aligned} I_1 &= 46{,}47 \times 10^6 \\ I &= 45{,}35 \times 10^6 \\ I' &= 0{,}126 \times 10^6 \end{aligned}\right\} \text{(U. C. G. S.)}$$

$$\left.\begin{aligned} K_1 &= 2{,}975 \times 10^6 \\ K' &= 5{,}568 \times 10^6 \\ l' &= 210,\ 4 \text{ mm.} \end{aligned}\right\} \text{(U. C. G. S).}$$

Todos los valores obtenidos con análogos en ambos péndulos, solamente difieren notablemente las tensiones de los muelles, pues las del péndulo *N S* son mucho más fuertes qne las del *EW*.

PRESENTED
20 OCT. 1916

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 4

ROCAS DE LA GARGANTA DEL TER ENTRE EL PASTERAL Y SUSQUEDA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. MARCELINO SAN MIGUEL DE LA CÁMARA

Publicado en noviembre de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LOPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 4

BRITISH MUSEUM NATURAL HIST.

ROCAS DE LA GARGANTA DEL TER ENTRE EL PASTERAL Y SUSQUEDA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. MARCELINO SAN MIGUEL DE LA CÁMARA

Publicado en noviembre de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

ROCAS DE LA GARGANTA DEL TER ENTRE EL PASTERAL Y SUSQUEDA

por el académico numerario

Dr. D. Maximino San Miguel de la Cámara

Sesión del día 26 de junio de 1916

Hace unos tres años visitamos esta interesante región, acompañados de algunos consocios de la Real Sociedad Española de Historia Natural, llevados por el deseo de conocer el paisaje tan justamente celebrado. Nuestro deseo quedó más que cumplido, colmado, ya que esperando solamente recrear nuestro espíritu con la contemplación de un hermoso cuadro de la Naturaleza, encontró nuestra afición de petrógrafo material para trabajar algunos meses, y lo que es más el convencimiento de que aquella región merece una detenida exploración geognóstica que hicimos decidido propósito de llevar a cabo en ocasión propicia. La excursión fué tan breve que no pudimos hacer más que recoger ejemplares y formar idea de la riqueza petrográfica de aquel verdadero caos de diques, venas y capas, donde la compenetración de los productos eruptivos, los del metamorfismo regional y de contacto es tan íntima, que sólo un detenido estudio puede desenmarañar tan intrincada asociación petrográfica. Esto nos hizo demorar la publicación de los resultados obtenidos de nuestro estudio, esperando completarlos con una larga campaña en esta región, pero viendo que pasa el tiempo y nuestros planes no se cumplen nos decidimos a publicar lo que de rocas eruptivas y metamórficas de la Garganta del Ter hemos estudiado.

Hemos de hacer constar, ante todo, que el trabajo lo hemos hecho en el laboratorio de Geología de la Universidad, contando con nuestros propios medios y la ayuda, que en la obtención de las preparaciones microscópicas necesarias para este estudio, nos prestó nuestro discípulo, hoy licenciado en Ciencias Naturales, don Félix Pérez de Pedro. Poseemos sesenta preparaciones microscópicas de la serie de rocas que describimos.

GRANITO DE DOS MICAS CLORÍTICO.—NÚM. 274. *(Col. San Miguel)*

Roca de color rosa más o menos pálido, granitoidea, de grano medio, bastante tenaz y dura, que se ofrece en apófisis o diques de inyección entre las capas de pizarras cristalinas. Muestra a simple vista cristales rosados y blancos de feldespato poco o nada brillantes en las caras de esfoliación y sin caracteres específicos

visibles; placas incoloras, de brillo vítreo, muy irregularmente interpuestas con el feldespato, de cuarzo; escamas de mica blanca muy brillantes, de brillo argenteo, diseminadas con bastante profusión entre los elementos citados y en aglomeraciones a modo de nódulos; clorita verde, dispuesta de modo análogo a la de la moscovita y asociándose con ella para formar las manchas o nódulos a que antes nos referíamos.

Al microscopio ofrece estructura hipidiomorfa típica, con elementos blancos de tamaño próximamente igual asociados según el modo granitoideo. Se compone de *oligoclasa* algo alterada pero no tanto que no puedan reconocerse bien sus caracteres; aparece maclada según las leyes de la albita, de la periclina, de la albita-periclina y de la albita-periclina-Carlsbad; la más frecuente es la primera y la asociación de la albita y periclina; en ambos casos el cristal aparece finísimamente estirado, presentándose más de 30 bandas en un cristal de menos de medio milímetro de anchura, el mismo cristal presenta 7 bandas de la periclina.

La *Ortosa* se muestra en grandes placas y granos pequeños sin forma propia, muy alterada, por lo que aparece en luz natural de un pardo sucio muy poco transparente y en luz polarizada no pueden estudiarse sus caracteres ópticos específicos.

Ambos feldespatos presentan sus superficies más o menos abundantemente sembradas de finísimas partículas brillantes de colores vivos, abigarrados, entre N + que pueden referirse a la moscovita o sericita.

El *Cuarzo* en grandes placas y granos pequeños, alotriomorfo, muy límpido e incoloro, con líneas de inclusiones que le surcan en todas direcciones; algunos granos ofrecen extinción ondulosa pero la mayoría no tienen anomalía óptica alguna.

La *Moscovita* muy abundante se presenta en láminas irregulares con los caracteres ordinarios y en escamitas sobre el feldespato.

La *Clorita* de un verde más o menos intenso, muy pleocroica, de forma irregular y más escasa que la moscovita; parece proceder de la alteración de la *biotita* pues hay láminas que entre N + se comportan aún más bien como mica que como clorita si bien la birrefringencia es menor que la correspondiente a la biotita; en cambio en otras láminas se ve el paso insensible de la clorita a la moscovita.

Resulta, pues, que los elementos ferromagnésicos son, por lo menos en gran parte, secundarios; la clorita es toda secundaria y la moscovita aunque algo fuera primaria es indudable que la mayor parte es secundaria. La biotita en el granito este debió ser abundante, pero hoy ha desaparecido casi totalmente transformándose en clorita y moscovita, lo que prueba que ha debido experimentar acciones dinamometamórficas e idatotérmicas posteriormente a su erupción.

Como elementos accesorios hay granos negros de *magnetita* sobre la clorita y algo de *apatito*.

La influencia del dinamometamorfismo sobre esta roca nos la demuestra de modo evidente la preparación 47 de nuestra colección. Corresponde a una roca de análogo aspecto que la descrita; a simple vista se reconoce el feldespato en grandes placas, el cuarzo xenomorfo, mica blanca y manchitas verdes de clorita. Al

microscopio presenta los mismos elementos que la anterior; el feldespato tan alterado que no puede determinarse específicamente; el cuarzo con extinción ondulosa y en algunos puntos materialmente triturado, lo que demuestra intensas presiones; la mica y clorita se ofrecen dobladas y retorcidas; por lo demás no tiene nada de notable.

PEGMATITA

Roca blanca, dura y tenaz, que asoma en estrecho dique entre los gneis que más tarde describiremos. Es de gruesos elementos; el feldespato blanco algo brillante, el cuarzo en gruesos bloques independientes y en granos más pequeños incrustados en el feldespato; la moscovita muy abundante en pequeñas escamas y en grandes placas aprisionadas entre los demás elementos; turmalina negra en prismas alargados sin caras terminales. En los ejemplares que poseemos no se presenta la estructura gráfica y en trozos aislados bien pudiera tomarse como un granito de mica blanca.

Observada con el microscopio se ve compuesta de oligoclasa con los mismos caracteres que en el granito anterior; ortosa bastante alterada; cuarzo granitóideo y pegmatítico lo que da a la roca un aspecto de porfídica; moscovita y clorita como el granito citado, apatito en prismas alargados con cruceros normales a la dimensión mayor o en pequeños exágonos, y turmalina verde muy pleocroica que se diferencia inmediatamente de la clorita por su mayor birrefringencia.

HORNBLENDITA.—NÚM. 48. y 67. *(Col. San Miguel)*

Roca granuda de grano grueso, color verdoso obscuro, fractura fresca muy brillante; la expuesta a la intemperie mate, verde amarillenta o rojiza, con algún punto brillante. Muy tenaz y densa, disyunción en bolas.

A simple vista se distinguen grandes placas negras o verde-obscuras muy brillantes que corresponden a láminas de crucero de la hornblenda y puntos y manchas blancas poco o nada brillantes, y en escasa proporción, de una plagioclasa básica.

Observada con el microscopio una sección transparente, muestra estructura hipidiomorfa, de gruesos elementos de hornblenda, uralita, biotita, anortita y magnetita.

La *hornblenda* en grandes placas de color pardo, muy pleocraica, con cruceros prismáticos bien marcados, tanto en las secciones || 001 como en la || 100 y 010, y en placas de color verde claro, francamente pleocroicas y rica en líneas de esfoliación; estas dos constituyen la hornblenda común normal; pero hay otras placas de color verdoso, punteadas de magnetita, muy poco o nada pleocroicas y sin

crucero y otras incoloras fibrosas no pleocroicas con pequeño ángulo de extinción según la fibra que pudieran ser uralita. Se presentan además granos pequeños de estos tres tipos de anfibol y quizá alguno sea de piroxeno, pues la falta de sección conocida y su pequeño tamaño no permiten hacer medidas de ángulos de esfoliación, de extinción ni conoscópicas.

La *biotita* es poco abundante y procede al parecer, del anfibol fibroso al cual pasa por tránsitos insensibles; en algunas placas se ofrece una asociación de biotita y hornblenda, siendo las hojas de aquélla paralelas a los cruceros de ésta en las secciones paralelas al primero y segundo pinacoides. La biotita es según esto secundaria.

Es probable que la hornblenda tenga dos orígenes; uno primario y otro secundario; la verde fibrosa que suponemos uralita, como la que no tiene cruceros ni fibras, son seguramente resultado de la alteración de un piroxeno, probablemente rómbico (Hiperstena o Broncita). La magnetita que encontramos sobre la mica y uralita es secundaria.

El elemento blanco muy escaso, es una plagioclasa básica alterada; pertenece a la serie Labrador-Anortita. En algún cristal bien conservado hemos visto bandas polisintéticas muy anchas y difuminadas, ángulo de extinción muy grande con relación a la traza del plano de macla sobre la sección, lo que nos hace creer que es la Anortita el elemento blanco.

PORFIRITA DIORÍTICA CLORÍTICA *(Microdiorita cuarcífera)*

Esta especie se presenta en gran cantidad en el puente del Pasteral, a una y otra margen del Ter y en su vaguada. Aparece como un enorme dique o quizá un lacolito rodeado de pizarras metamórficas atribuídas al Cámbrico. Se explotaba activamente cuando nosotros visitamos la región para obtención de adoquines.

La especie ofrece gran número de variantes, quizás debidas sólo al mayor o menor grado de alteración, pero hay también variedades que se deben indudablemente al período de formación de la roca. Describiremos algunos tipos, los más diferentes que poseemos.

Los ejemplares señalados con el núm. 289 en nuestra colección pueden tomarse como uno de los tipos. Corresponden a una roca de color gris muy obscuro, dura y tenaz, con fenocristales blancos muy brillantes, de brillo vítreo muy marcado en las caras de esfoliación, en las cuales se distinguen perfectamente a simple vista estrias correspondientes a maclas polisintéticas de una plagioclasa; otros cristales también claros (blanco sucio) no brillan ni ofrecen la estriación polisintética, son menos abundantes de menor tamaño y tanto pueden ser de ortosa como de plagioclasa alterada; cristales porfídicos negros muy brillantes, exagonales o cuadrangulares y alargados, mates y formados de numerosas hojas finas paralelas al lado más corto; manchas amarillas de pirita de hierro xenomorfa.

Todos estos elementos destacan porfídicamente sobre una pasta gris obscura muy compacta, en la cual no puede distinguirse a simple vista elemento alguno.

En algunos bloques grandes, examinados con atención, llega a verse algún fenocristal de cuarzo idiomorfo, pero es raro y muy desigualmente repartido.

Al microscopio presenta la estructura pórfido-holocristalina típica.

Con fenocristales de:

Plagioclasa zonar límpida, cuyas zonas van siendo más básicas de la periferia al núcleo, pues la extinción en uno de ellos era de 2.° en el borde y de 18° en el núcleo, *oligoclasa-labrador;* otros cristales no zonares muestran extinciones con arreglo a las trazas del plano de macla en la sección de 8° a 24 siendo las más frecuentes de 12° a 24° lo que demuestra la riqueza en labrador. Ordinariamente los cristales zonares se componen de plagioclasas poco diferentes y son de oligoclasa, o de labrador principalmente. Un cristal hemos visto compuesto de una zona externa y un núcleo, aquélla tiene un ángulo de extinción según la arista más larga de + 24° y éste de — 37, se compone, pues, de labrador y anortita. Las leyes de macla son la de la Albita, Periclina, Albita-Periclina y Albita-Periclina-Carlsbad.

La *ortosa* no hemos podido encontrarla de modo absolutamente seguro y por lo menos en fenocristales es muy probable que no exista.

Biotita grandes placas exagonales de color castaña, poco pleocroicas, casi isótropas, que no dan colores de polarización y en luz convergente presentan una cruz que apenas si se desplaza y no se disloca en dos ramas, anomalía muy curiosa de las micas que las aproxima a los cristales del sistema exagonal con los cuales por la forma ya tienen mucha semejanza; placas rectangulares alargadas muy pleocroicas y bastante birrefringentes, con extinción recta y todos los caracteres propios de la mica negra.

Clorita verde en láminas irregulares, redondeadas o rectangulares alargadas y en este caso deshilachadas; es muy pleocroica, de verde pálido a verde muy obscuro, entre N + muestra hermoso color azul violado o violeta puro; extinción recta; algunas secciones se muestran isótropas, pero en luz convergente dan una figura uniáxica que se desplaza un poco, de los mismos caracteres que la citada para las secciones basales de la biotita; con Cl H en caliente se disuelve dejando sílice; en la solución se reconoce la presencia de $Al_2 O_3$, $Fe_2 O_3$ y $Mg O$. Por todos estos caracteres la clorita de esta roca pertenece a la especie Pennina. Además de las formas descritas se observan en la roca asociaciones esferulíticas, fibroso radiales de pennina que ofrecen una cruz bien manifiesta entre N + y un sector obscuro y otro claro, con polarizador solo, debido esto a su gran pleocroismo.

La pasta es holocristalina, granuda, de grano muy fino; se compone de feldespato con granillos de cuarzo y de finas agujas de biotita y clorita. Sobre esta pasta destacan algunos elementos pseudo porfídicos, granos mayores que el resto, de las tres especies minerales citadas. El feldespato, granular o microlítico, es plagioclasa en su inmensa mayoría, labrador y oligoclasa; quizá algún microlito sea de ortosa. El cuarzo más o menos abundante es siempre granular.

Como elementos accesorios encierra la pasta, magnetita más o menos idiomorfa, un poco de epidota, calcita rodeada de clorita y apatito. Hay además productos ferruginosos de alteración de los elementos ferromagnésicos y manchas de caolín o sericita sobre los feldespatos alterados.

No hemos encontrado más elementos obscuros que los descritos, pero es muy probable haya existido hornblenda de cuya alteración procederán clorita, calcita y parte de la magnetita; esta suposición, muy verosímil por la presencia en otras rocas de la misma localidad de anfibol, no encuentra comprobación exacta en las preparaciones que poseemos, pues no queda el menor residuo del mineral primitivo. También pudiera proceder de la biotita, pero en este caso se verían transcritos de la clorita a la biotita fresca, cosa que no hemos podido observar.

Los ejemplares señalados con el número 31 en nuestra colección presentan un aspecto bastante diferente, no obstante pertenecer a la misma especie como de su estudio se deduce. Este tipo es el que se explota para adoquines y el más abundante. Es de color gris verdoso, muy tenaz, francamente porfídico. A simple vista se distinguen fenocrisales de feldespato blancos con fractura brillante o mate, con o sin estriación polisintética, unos más limpios que otros, desigualmente alterados, presentándose el borde alterado y el centro fresco o viceversa; de *cuarzo* muy escaso en cristales redondeados o bipiramidados; de *clorita* exagonales o irregulares de color verde y brillo craso. Todos estos elementos a veces hasta de 1 centímetro destacan sobre una base gris verdosa sembrada de puntos blancos, negros y verdes.

Al microscopio presenta estructura pórfido-holocristalina. El feldespato muy alterado aparece en grandes cristales, que no caben dentro del campo del microscopio, de forma muy irregular como si hubieran sido arrancados a las rocas que atravesó la erupción o hubieran sido rotos y separados los fragmentos durante el período efusivo; más abundantes son los cristales porfídicos idiomorfos de feldespato, también muy alterados, de tamaño proporcionado, con estructura zonar y de la misma especie que en la roca anterior.

Hemos visto algunos cristales muy idiomorfos, con la macla de Carlsbad y extinción recta que atribuimos a la ortosa y otros sin esta macla pero con extinción recta según la arista más larga que también suponemos de ortosa; este mineral, si la determinación es exacta, está muy alterado y es bastante escaso.

El cuarzo porfídico es muy raro, pero en una de las preparaciones existen dos cristales sembrados de polvillo negro (inclusiones sólidos, líquidos y gaseosos); ambos son muy xenomorfos por corrosión magmática; uno de ellos, el mayor, tiene sus ángulos redondeados y por tres de sus lados ha penetrado el magma, dejando dentro de él curiosas bolsas rellenas de pasta. Estos cristales aparecen rodeados de estrecha faja de pasta mucho más afanítica que la del resto de la roca.

La clorita es pennina como en la roca anterior. La titanita violada muy refringente y birrefringente abunda en la clorita o cerca de ella y lo mismo la magnetita o ilmenita.

La pasta es granuda compuesta de feldespato difícil de especificar, granillos

de cuarzo, agujas y granillos verdes de clorita y granos de magnetita. Es muy pobre en elemento negro.

El apatito exagonal o alargado abunda tanto en la pasta como en inclusiones.

La calcita no es rara y acompaña a la clorita.

Los ejemplares núms. 45 y 301 pertenecen a un tipo análogo al primero descrito pero mucho más alterado; son de color gris amarillento, manchados de productos arcillosos y ferruginosos. A simple vista se distinguen fenocristales de feldespato, clorita y alguno de cuarzo.

Al microscopio muestra igual estructura y composición que los dos anteriores; se diferencia únicamente por la abundancia de manchas rojizas o amarillentas debidas a productos ferruginosos y la presencia de algo (poquísimo) de biotita fresca y pasando a clorita. Los pocos fenocristales de cuarzo han sido disueltos en parte por el magma y se rodean de aureola felsítica; otros han sido rotos y diseminados sus fragmentos en la pasta; hay uno que después de roto han girado sus fragmentos pero no se han separado y aun puede reconstituirse el primitivo cristal

A otra variedad no de alteración sino de formación primitiva corresponde una serie de ejemplares de los cuales escogemos los dos tipos frescos que a continuación describimos.

Uno de ellos, el núm. 278 de nuestra colección, es una roca de aspecto menos porfídico que los anteriores, gris, dura y tenaz, con cristales porfídicos pequeños, destacando sobre una pasta azulada-verdosa compacta que no pueden definirse a simple vista.

Con el microscopio se distinguen pequeños fenocristales zonares de plagioclasa ordinariamente alterados en sus bordes y muy limpios en el centro; es curioso que algunos de estos cristales aparezcan rodeados de cuarzo, que se distingue del feldespato además de por su límpidez porque cuando el feldespato está extinguido aparece el cuarzo iluminado; éste se extingue según la diagonal de la sección cuadrangular, mientras el feldespato lo hace con ángulos que no pasan de 24° según los lados del cristal. La ortosa es poco abundante y muy alterada.

Los pocos fenocristales de cuarzo aparecen corroídos, con formas caprichosas, inclusiones de magnetita y de otros minerales, y rodeados de hermosa aureola micropegmatítica.

La *clorita* forma placas y agujas largas entre los demás elementos; es verde pleocroica, violada entre N + por lo que la referimos a la pennina.

La pasta granuda es de grano grueso y se compone de plagioclasa alterada, bastante idiomorfa, difícil de especificar y quizá de ortosa en poca cantidad, granos de cuarzo muy xenomorfo, como sirviendo de unión a los demás elementos; clorita, magnetita o ilmenita, apatito, titanita, calcita y unos granos amarillos muy refringentes y birrefringentes que atribuimos a la epidota.

Realmente esta pasta debe considerarse como microdiorítica y la roca establece el paso a las dioritas porfídicas.

El ejemplar núm. 312 de nuestra colección es el otro tipo escogido para abar-

car el cuadro completo de las variedades que ofrece la roca que nos ocupa; es de aspecto francamente porfídico si bien más compacta que la anterior, dura y muy tenaz, de color gris, con pocos fenocristales de feldespato y clorita que destacan sobre la pasta afanítica gris-azulada.

Al microscopio se muestra el feldespato, que no es zonar, como oligoclasa algo alterada, principalmente en los bordes; a la ortosa referimos unos cristales alargados, de extinción recta que no presentan bandas polisintéticas; la clorita es pennina y va acompañada de epidota, titanita y calcita; el cuarzo porfídico es muy poco frecuente.

La pasta de elementos muy finos se compone de microlitos de oligoclasa (y ortosa?), granos de feldespato difícil de especificar, granos xenomorfos de cuarzo, agujas y láminas de clorita, granos negros de magnetita y rojizo-violados de titanita. A veces los dos elementos claros se asocian próximamente en la misma proporción, pero en general domina mucho el feldespato sobre el cuarzo apareciendo éste como si fuera producto nacido de la alteración de feldespatos ferromagnésicos transformados en clorita con separación de hierro, cal y sílice.

GRANÓFIDOS CLORÍTICOS *(Pórfidos cuarcíferos)*

De esta especie, que no es muy típica, poseemos también gran número de formas o tipos, siendo los más diferentes entre sí las tres rocas que pasamos a describir. Ejemplar núm. 244 de nuestra colección. Roca compacta, poco porfídica a simple vista, blanco-sucia, dura y tenaz, constituída por una pasta blanca más o menos sucia sobre la que destacan granos idiomorfos de cuarzo y clorita verde en exágonos o agujas.

Al microscopio se distinguen gran número de fenocristales idiomorfos de *cuarzo*, otros alotriomorfos por rotura y separación de los fragmentos y por corrosión magnética; los cuarzos corrocidos muestran hermosas penetraciones del magma a modo de bolsadas; son muy ricos en inclusiones sólidas, principalmente magnetita, biotita y apatito que se perciben aún sin gran aumento, y en inclusiones líquidas con burbuja movible. El feldespato es: *ortosa* muy alterada difícil de reconocer cuando la alteración ha borrado la macla y no se extingue ante N. +, hay sin embargo cristales en los que aparecen bien marcados los caracteres de la ortosa: *plagioclasa* tan abundante como la ortosa y también alterada por lo que es imposible definirla específicamente.

El elemento negro es *biotita* parcial o totalmente transformada en clorita verde (*pennina*) y la *moscovita;* a veces un mismo cristal presenta biotita, moscovita, clorita, titanita y magnetita o ilmenita.

La pasta es microgranuda panidiomorfa y se compone esencialmente de cuarzo y feldespato íntimamente mezclados; los feldespatos parecen ser ortosa y oligoclasa; ésta se reconoce bien en algunos granos que presentan gran número de

finas bandas polisintéticas; acompañan a estos elementos biotita, clorita, magnetita o ilmenita, apatito y algo moscovita.

Por su aspecto, composición y estructura es esta roca un pórfido de los llamados microgranitos, diferente del Elvan principalmente por que los elementos de su pasta son más gruesos.

Ejemplar núm. 291 de nuestra colección. Roca muy compacta de color rosado, dura y tenaz. A simple vista pueden observarse cristales de ortosa y oligoclasa, de cuarzo idiomorfo, de clorita verde oscura en exágonos, láminas y pajitas, sobre una pasta de color rojo de carne sembrada de puntitos brillantes y de manchas verdes.

Al microscopio se ofrece el feldespato profundamente alterado, la ortosa y oligoclasa entran en igual proporción y con los caracteres ya dichos; el cuarzo en granos idiomorfos y alotriomorfos por rotura y corrosión con inyecciones y bolsadas de magma y cargado de inclusiones que aparecen como fino polvo negro; los fenocristales de cuarzo son por lo menos tan abundantes como los de feldespato. La clorita es pennina y procede, por lo menos en parte, de la biotita, pues se manifiestan tránsitos de una a otra; se presenta también la clorita fibrosa, radial y quizá ésta proceda de anfibol; abunda titanita muy oscura que pasa insensiblemente a un mineral negro opaco que es ilmenita o magnetita titanífera de la cual creemos deriva la titanita; toda la roca está llena de caolín y escamitas de sericita que procede de la alteración de los feldespatos.

La pasta no difiere en nada esencial de la señalada para la roca anterior. Lo más característico en esta roca es la existencia de bloques fragmentarios, al parecer de feldespato muy alterado y llenos de inclusiones y venillas, que se presentan como cosa ajena a la roca misma, como fragmentos arrancados a rocas preexistentes y quien sabe si no son más que resíduos de enclaves enalógenos casi por completo digeridos por el magma; la pasta es más fina y más ácida en el contacto que se ofrece clarísimo.

Ejemplar núm. 77 de nuestra colección. Roca compacta, porfídica, de color rosa obscuro con manchas negras. Difiere bastante de las anteriores por su aspecto externo, mayor riqueza en plagioclasa y clorita y escasez de cuarzo porfídico. La pasta es de grano más grueso, más pobre en cuarzo y rica en clorita; su estructura no es panidiomorfa sino hipidiomorfa y de grano relativamente grueso; los granos de cuarzo muy irregulares, cuneiformes, rellenando espacios entre el feldespato recuerdan un granito de grano fino, si bien el feldespato es más idiomorfo. También presenta grandes fragmentos enclavados.

DIABASA CUARCÍFERA.—NÚM. 14 Y 28. *(Col. San Miguel)*

Roca compacta, de color gris verdoso, blanda, pesada que aparece en diques entre las pizarras cristalinas cerca del puente del Pasteral. A simple vista se dis-

tinguen manchas negras, pequeños granos y prismas de feldespatos y pirita de hierro en cristales relativamente grandes. La superficie expuesta a la intemperie es parda, sembrada de puntos negros, cristales del elemento ferromagnésico. La raya y el polvo son de color gris verdoso muy claro.

Al microscopio se presenta constituída por una trama, de estructura ofitica no muy clara, de feldespato plagioclasa alterado que encierra entre sus mallas clorita, augita violada y cuñas de cuarzo; irregularmente distribuídos y no muy abundantes se ven fenocristales alargados de plagioclasa labrador, de clorita con calcita, que proceden seguramente de cristales de augita lo mismo que la clorita intersticial, y de un piroxeno violado, que no se extingue totalmente, de vivos tonos entre N +, que aparece alargado unas veces, con esfoliación transversal y otras corto, recordando las formas habituales en los piroxenos monoclínicos; creemos que es una augita titanada; esta pasa en sus bordes a un mineral verde, primero poco pleocroico, después más y por fin muestra caracteres evidentes de clorita; además de este piroxeno se ve una hornblenda pardo verdosa que creemos sea primaria; La magnetita o ilmenita es muy abundante y también la calcita. El cuarzo no muy abundante existe en bastante proporción para tenerse en cuenta al clasificar la roca.

ESPILITAS

De esta serie poseemos dos tipos bastante diferentes: ambos aparecen en estrechos diques atravesando las pizarras cristalinas de las márgenes del Ter cerca del Pasteral; estos diques son verticales y dirigidos de N.W. a S.E.

Ejemplar núm. 292 de nuestra colección. Roca compacta, afanítica, de color negro y aspecto de basalto, pesada, tenaz, fractura irregular, concoidea, se rompe en lajas y esquirlas que nunca son planas, lo que se debe a su tendencia a dividirse en bolas. A simple vista no se distinguen como elementos porfídicos, más que pequeños cristales alargados negros, granos amarillos muy brillantes de pirita y alguna mancha amigdaloide de calcita.

Examinada en sección transparente con el microscopio, se muestra constituída por una pasta de elementos muy finos ,compuesta de microlitos de feldespato y granos de clorita con estructura microfítica (intersticial). Sobre esta base destacan unos cristales que por su forma recuerdan un piróxeno pero que hoy aparecen transformados en clorita, calcita y magnetita y otros de feldespato alargados con pocas bandas polisintéticas bien visibles y con extinciones superiores a 10° que son de labrador. La pasta es de composición bastante compleja: hay microlitos de plagioclasa bastante alterados, algunos granillos verdes parecen de piroxeno pero hace imposible asegurarlo la falta de secciones basales y la pequeñez del microlito. Entre estos microlitos queda una substancia verdosa y otra ligeramente parda que entre N cruzados aparecen obscuras y que creemos es clorita

y augita alterada. En esta pasta hay gran cantidad de granos de ilmenita y de titanita así como de calcita. El cuarzo aparece a veces en escasísima proporción como granos irregulares.

Ejemplar núm. 310 de nuestra colección; roca compacta, menos afanítica que la anterior, de color verde obscuro casi negro, pesada y muy tenaz. A simple vista se distinguen manchas negras de anfibol o piroxeno, granillos pequeños, blanco sucio y pirita de hierro. Frecuentemente presentan incluso en las fracturas recientes manchas grandes de color rojizo, y aún bandas del mismo color, que no son más que porciones más alteradas. La superficie expuestas a la intemperie es verde amarillenta o rojiza, sembrada de puntos negros; la raya y el polvo es gris verdoso muy claro mientras en la otra era blanco más o menos sucio.

Al microscopio se reconoce análoga estructura que en la anterior. Los cristales intratelúricos son pocos y debían corresponder a un piroxeno transformado actualmente en clorita rodeado de magnetita y calcita y a veces con inclusiones de los mismos elementos. La pasta se compone de microlitos de feldespatos más apretados que en la roca anterior, otros pardo rojizos y otros verdes de hornblenda y de piroxeno; los de feldespato son plagioclasa alterada las agujas de clorita son abundantes y proceden del piroxeno y anfibol; se observa muy bien el tránsito a esta última especie. Los microlitos feldespáticos limitan espacios rellenos de clorita. Como elementos accesorios figuran ilmenita, titanita, apatito, pirita, epidota y cuarzo.

GNEIS CLORÍTICO.—NÚM. 294 *(Col. San Miguel)*

Roca compacto-granuda, con pizarrosidad poco o nada manifiesta, color gris verdoso y bastante pesada. A simple vista se distinguen multitud de escamas brillantes de mica negra, granos verdes de clorita y blancos de cuarzo y feldespato.

Al microscopio presenta estructura blastogranítica, la estructura paralela se hace manifiesta por las hojas de mica y clorita que se ofrecen alargadas en el mismo sentido; el feldespato y aún el cuarzo son granudos, adoptando formas ilipsoidales con sus ejes mayores paralelos entre sí y a las hojas de mica; a pesar de todo esto el paralelismo no es perfecto y no puede decirse que presenta estructura pizarrosa, pues vista con poco aumento la preparación, aunque se descubra pronto una dirección principal, las bandas de mica que la marcan son sinuosas y terminan bruscamente; de todos los elementos, el cuarzo es el que menos se presta a la estructura paralela.

El feldespato es ortosa alterada y oligoclasa también alterada; el cuarzo es xenomorfo, con extinción ondulosa. El elemento ferromagnésico es biotita y clorita íntimamente mezclados, siendo la segunda producto de alteración de la primera, de la cual se conservan sólo fibras en las láminas de pennina.

Acompañan a estos minerales, como elementos accidentales titanita, sericita, moscovita, apatito, calcita y productos ferruginosos.

Un tipo muy diferente de *gneis clorítico* ofrece el ejemplar núm. 253 de nuestra colección; es una roca de color gris, dura, tenaz, bastante densa, con estructura paralela bien manifiesta, fractura irregular; no obstante tener estructura paralela rarísima vez se rompe según los planos de pizarra, ni da lajas ni superficies planas extensas sino que rompe en bloques irregulares, gruesos y de bordes agudos. Su grano es tan fino que a simple vista únicamente se reconocen capas gris claras alternando con otras verdes de clorita. La masa ofrece casi siempre nidos de cuarzo o de una roca de aspecto de verdadera granulita, compacta y compuesta de cuarzo, feldespato y algo moscovita. Las superficies expuestas a la intemperie son pardas con manchas rojizas de limonita; en ellas es donde mejor se reconoce la pizarrosidad, si cortan sus planos pues aparecen líneas salientes separadas por surcos estrechos, disposición que resulta de la desigual resistencia a la alteración que presentan las distintas capas que componen la roca.

Observada al microscopio una sección normal a la pizarrosidad, se ve que la estructura paralela se debe como en el caso anterior a la clorita y mica y algo también al feldespato, mientras que el cuarzo no parece haberse amoldado a dicha ordenación.

Unas capas son muy ricas en feldespato, otras lo son en cuarzo.

Además de los elementos descritos en la roca anterior hay aquí moscovita en láminas, deshilachadas. El cuarzo abunda más que en la anterior. En todas las preparaciones se observan nódulos de grano más fino compuestos de cuarzo pennina y feldespato, otros de cuarzo solo y otros de cuarzo feldespato y moscovita; todos estos nódulos son de estructura homoblástica, verdaderas microgranulitas dentro del gneis.

La preparación está llena de granos negros irregulares, diseminados o reunidos en venas o nódulos, de ilmenita que pasa en muchos puntos a verdadera titanita. Hay además algo rutilo y apatito.

GNEIS COMPACTO MICÁCEO-ANDALUCÍTICO.—NÚM. 52. *(Col. San Miguel)*

Roca clara, compacta, tenaz y muy dura, de fractura irregular. En las superficies expuestas a la intemperie se reconoce claramente la estructura pizarrosa determinada por la alternancia de finas líneas verdes y bandas blanco sucias; en las superficies frescas no es tan manifiesta pero se ven manchas verdes con puntos rojizos que aparecen alineadas aunque no siempre continuas. A simple vista sólo se reconoce la mica y una masa sacaroidea de grano finísimo sobre la cual destacan porfidoblastos de feldespato y de cuarzo cataclástico.

Examinada al microscopio y en sección normal a la aparente pizarrosidad se manifiesta esta únicamente por una serie de estrechas bandas sinuosas de color verde rojizo pero el elemento blanco no ofrece estructura paralela sino granoblástica de grano muy fino; el grano varía un poco de tamaño incluso en una misma

banda y diseminados por la preparación se ven porfidoblastos y nódulos de cuarzo cataclástico.

El feldespato es albita en los granos pequeños, límpidos que facilmente se confunden con el cuarzo cuando no ofrecen bandas polisintéticas y de ortosa y oligoclasa alteradas. Los porfidoblastos feldespáticos son de microclina con su característico enrejado entre N +, de albita muy limpia y con numerosas bandas polisintéticas, de oligoclasa muy alterada pero que deja aún ver su estructura polisintética y de ortosa. Seguramente estos porfidoblastos de ortosa y oligoclasa son elementos residuales.

La mica rojiza y verde no presenta nada de particular y empieza a transformarse en clorita.

Hay algunos nódulos y aún granos aislados que por su aspecto general y mayor refringencia atribuímos a la Andalucita; granos rojo-violados de titanita y granos de magnetita o ilmenita.

Puede definirse esta roca como un *meso-orto-gneis micaceo* compacto.

GNEIS MICÁCEO DE DOS MICAS Y CLORITA

De esta especie poseemos un ejemplar, el núm. 314 atravesado por una vena de pegmatita de grano grueso, compuesta de feldespato, cuarzo, moscovita y turmalina. El gneis tiene aspecto de micacita, de color gris verdoso, satinado en los planos de pizarra, mate y de fractura irregular en los normales a aquellos; fácilmente divisible en hojas. A simple vista en la sección paralela al plano de pizarra se reconocen escamas de moscovita, biotita y clorita, siendo estas las que prestan el color verdoso a la roca; en la transversal las hojas son finísimas y apenas si se distinguen las especies minerales componentes. Al microscopio se ven las micas formando bandas u hojas más o menos sinuosas que aislan masas elipsoidales de feldespato o de cuarzo enlazadas unas con otras y dispuestas de modo que sus ejes mayores son paralelos entre sí; ambos minerales son francamente cataclásticos y presentan la extinción ondulosa. La clorita es pennina y muy abundante, procede de biotita porque algunos cristales llevan finas agujas de biotita que se cruzan de modo variable, dominando la disposición que forma ángulos que recuerda los del crucero prismático de los anfíboles por lo que a primera vista pudiera tomarse por una sección basal de hornblenda. La biotita es de color castaña poco o nada pleocroica por presentarse en nuestras preparaciones en secciones paralelas a la base y en luz convergente da una cruz que no se disloca. La moscovita se presenta de modo semejante pero incolora y muy birrefringente. Hay apatito en relativa abundancia, alargado con extremos redondeados y esfoliación transversal, más refringente que el cuarzo y menor birrefringencia; titanita, epidota en granos aislados y magnetita o ilmenita.

GNEIS ANDALUCITICO DE DOS MICAS.—NÚM. 307. *(Col. San Miguel)*

Roca pizarrosa de color gris obscuro, satinado en el plano de pizarra y mate en las secciones transversales. A simple vista y en la fractura paralela al plano de pizarra ofrece siempre una capa micácea gris, de brillo sedoso y de notable suavidad al tacto; en ella se distinguen dos clases de mica ,negra una (la menos abundante) y blanca la otra; aquella aparece como puntos y manchas sobre el plano de fractura formando juntamente con la moscovita una trama lepidoblástica continua. En las fracturas normales a la pizarrosidad el aspecto es muy diferente, de color gris más obscuro, mate y finamente hojosa; se distinguen capas ténues de mica que separan las bandas elipsoidales alargadas de color blanco sucio. A veces y en cualquiera de las secciones se ven grandes manchas o bandas rojas de ilmonita.

En preparación microscópica se ve compuesta de cuarzo, feldespato, andalucita, biotita, moscovita, magnetita y productos ferruginosos. El primero es cataclástico y con extinción ondulosa; el feldespato es indeterminable por su alteración; la andalucita se ofrece con los caracteres ordinarios en las pizarras cristalinas; asociaciones de granos cuadrangulares y placas grandes con perfecta esfoliación prismática de 91°; se distingue bien del cuarzo por su mayor refringencia que le hace destacar sobre el resto de la preparación cuando cerramos el diafragma o descendemos el condensador; es incolora con débil pleocroismo pero perfectamente visible al girar la platina sólo con el polarizador, pues toma un bello tinte rosa desigualmente repartido por la sección. La extinción es recta según el alargamiento y birrefringencia como el cuarzo o algo mayor y negativa; en luz convergente ofrecen unas secciones figura biáxica completa, otras una sola rama de hiperbola, pero en todas ellas se puede ver el caracter negativo ya determinado en luz polarizada paralela, y el gran ángulo de los ejes ópticos; aparece en capas o bandas muy cargadas de puntos negros, seguramente de magnetita, que alternan con otras de cuarzo ricas en biotita y otras de feldespato con algo biotita y moscovita. Las micas que se presentan con los caracteres ordinarios se encuentran diseminados en todas las capas, sobre todo la moscovita que se ofrece muy irregularmente distribuída. La turmalina, poco abundante, se muestra en cristalitos alargados o en secciones exagonales; es de color verde botella o amarillento, casi incolora según la posición, el pleocrorismo por lo tanto es grande y el máximum de absorción corresponde a la posición en que los lados mayores son normales al plano de vibración del polarizador, propiedad que la distingue bien de las micas verdes, cuyo máximum de absorción corresponde a una posición normal a ésta; extinción recta; muy refringente y birrefringente.

Consideramos esta roca como meso-paragneis micáceo-andalucitico.

Otro gneis igual que el anterior pero más alterado, por lo que se presenta con

caracteres intermedios de meso gneis y epigneis es el ejemplar núm. 306 de nuestra colección; es gris amarillento y finamente hojoso, compuesto de cuarzo feldespato, moscovita, biotita, clorita, andalucita, magnetita y productos de alteración. La biotita pasa a clorita y la andalucita es muy escasa, no forma bandas contínuas y no es pleocroica. Se diferencia pues del anterior por el paso de la biotita a clorita y moscovita y por la tendencia a desaparecer la andalucita.

GNEIS DE INYECCIÓN FELDESPÁTICA O APLÍTICA.—NÚM. 308 Y 309 *(Col. San Miguel)*

Roca pizarreña de color obscuro con matices verdosos, brillante en todas las fracturas. A simple vista y en la fractura paralela al plano de pizarra aparece una capa de biotita; en las fracturas transversales además de las hojas de mica y las bandas de feldespato y cuarzo se ven anchas capas blancas de una verdadera aplita interestratificada con el gneis.

Al microscopio se muestra formada por capas de biotita normal, otras de cuarzo con algo de feldespato y otras de feldespato turbio con variable proporción de cuarzo y biotita; aunque escasa hay termalina, apatito, magnetita y rutilo.

Las capas de inyección tienen estructura granoblástica o pannidiomorfa de grano medio; se componen de cuarzo plagioclasa (oligoclasa y albita), biotita, apatito, turmalina y algo rutilo.

ANFIBOLITA PLAGIOCLÁSICO-ZOISITICA.—NÚM. 30. *(Col. San Miguel)*

Roca negra, dura, tenaz y muy densa; de estructura pizarrosa; fractura irregular; las secciones paralelas al plano de pizarra se muestran de color negro brillante y fibrosas, entrecruzándose en todos sentidos las fibras de hornblenda; las fracturas normales a la pizarrosidad se muestran claramente pizarrosas, mates, y de color negro con manchas blancas. Observada al microscopio se ve compuesta de un apretado tejido nematoblástico de fibras verdes cuyos huecos rellena un elemento blanco menos abundante; aquellas son de hornblenda común, verde clara, francamente pleocroica, en fibras anchas y largas, con escasos cruceros; el feldespato es albita muy limpia y oligoclasa que entre N + presenta muchas y muy finas bandas polisintéticas, o plagioclasa turbia sin bandas polisintéticas seguramente por la alteración. La *zoisita* aparece en granos incoloros alargados, muy refringentes, superficie por lo tanto granugienta, con cruceros normales al eje más largo, muy débil birrefringencia y signo positivo que pudimos determinar tanto en luz polarizada paralela como en convergente, pues, una de las secciones da figura biáxica completa y otras, una hipérbola sola. Examinada con gran aumento se ven agujas finísimas de anfibol en los planos de crucero y varias inclusiones siempre alargadas y dispuestas paralelamente al alargamiento. La magnetita es muy abun-

dante. Hay algo biotita. El cuarzo, si lo hay, es difícil diferenciarlo de la albita dada la gran limpidez de ésta y su analogía de caracteres cuando son granos pequeños y no presentan maclas o formas cristalinas; por otra parte no hemos podido obtener figuras de interferencia en granos tan finos; de todos modos la presencia de algo cuarzo no tiene gran importancia.

MÁRMOL CON SERPENTINA.—NÚM. 227. *(Col. San Miguel)*

Roca compacta, sacaroidea, de grano grueso, color blanco con grandes manchas y vénulas verdes de serpentina. A simple vista se distinguen calcita, serpentina y pirita. Al microscopio vemos los mismos elementos con estructura homoblástica de grano grueso. La serpentina es amarilla, no pleocroica y se ofrece en secciones redondeadas compuestas de multitud de puntitos correspondientes a otras tantas fibras cortadas en sentido transversal, que entre N + dan hermosa irisación, y en secciones francamente fibrosas, longitudinales, de mayor extensión y deshilachadas, que entre N + dan color azulado muy débil. Este mineral triturado y dejado durante 24 horas en digestión con *ClH* frío y diluído se disuelve totalmente dejando finísimo polvo de sílice que en el microscopio se resuelve en escamitas incoloras brillantes de la misma forma que las que componen el polvo del mineral antes de ser atacado por el *ClH;* son esqueletos de sílice isótropos o con curiosas anomalías ópticas. En la solución encontramos gran cantidad de *Mg* y algo de *Fe* y *Ca.*

MÁRMOL

Esta roca llamada con no poca equivocación caliza arcaica, es una roca metamórfica que puede encontrarse en terrenos mucho más recientes, incluso secundarios. La del Pasteral es blanca, de grano grueso compuesta de calcita y algún cristalito idiomorfo de cuarzo; en el microscopio presenta la estructura homoblástica de los mármoles, entendiendo esta denominación en el sentido que en la actual petrografía se da a la especie mármol.

PRESENTED
17 JUL 1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 5

LA FAZ DE LA TIERRA EN CATALUÑA DURANTE VARIAS ÉPOCAS GEOLÓGICAS

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

ILMO. SR. D. LUIS MARIANO VIDAL

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

Publicado en noviembre de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 5

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

LA FAZ DE LA TIERRA EN CATALUÑA DURANTE VARIAS ÉPOCAS GEOLÓGICAS

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

ILMO. SR. D. LUIS MARIANO VIDAL

Publicado en noviembre de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

Luis M. Vidal

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

LA FAZ DE LA TIERRA EN CATALUÑA DURANTE VARIAS ÉPOCAS GEOLÓGICAS

por el académico numerario

Ilmo. Sr. D. Luis Mariano Vidal

Sesión del día 30 de octubre de 1916

Con el pintoresco título de *La Faz de la Tierra* publicó a fines del siglo pasado el eminente geólogo vienés Eduardo Suess la obra que mayor trascendencia ha tenido en el cultivo de la Ciencia Geológica. Un número inmenso de datos bibliográficos referentes a las formas de tierras y mares de todos los puntos del globo, le ha permitido presentar con gran riqueza de detalles la fisonomía de nuestro planeta: y al enumerar los grandes y difíciles problemas que nacen de su examen, logró analizar con sólido criterio las hipótesis, a veces muy contradictorias, que para su explicación se han ideado.

Ciertamente, la Geología, ciencia relativamente joven, avanza vigorosamente en la vía del progreso: y ya que no ha nacido armada, como Minerva del cerebro de Júpiter, dice De Launay en su excelente obra *La Science Geologique,* ha de ir pertrechándose con observaciones y datos, cada vez más precisos, para poder analizar los hechos y deducir sus causas. Así hemos visto levantarse y derrumbarse teorías que han gozado de gran predicación y dado lugar a ardientes discusiones. La que De Launay llama *Edad heroica* de la Geología, ha visto pasar grandes geólogos, como Hutton, Werner, Schmidt, Brongniart, Cuvier, Humboldt, De Buch, Elie de Beaumont, que han apasionado vivamente a sus contemporáneos, aun aquellos que, como los dos primeros, son menos conocidos por sus publicaciones que por los comentarios de sus discípulos.

Sobre sí predomina en la formación de la Tierra el *Vulcanismo* (teoría llamada Plutónica) como sostenía Hutton, o el *Neptunismo* (teoría Sedimentaria) como creía Werner; sobre si fueron cataclismos, es decir, grandes y súbitas revoluciones de la superficie del Globo, los que determinaron las *Epocas geológicas,* según Cuvier; sobre, si las cadenas de montañas tienen relación con las grandes zonas volcánicas, como sostenía De Buch con su teoría de los "Cráteres de levantamiento"; o sobre si la masa total del globo, al tomar forma por enfriamiento, obedece a leyes cristalográficas como sostenía De Beaumont con su famosa "*Red Pentagonal*" y sus Memorias sobre la "Dirección de las Cadenas de Montañas", se ha discutido largos años, formándose, por ejemplo, respecto a este último eminente geólogo, partidarios tan acérrimos como Botella en España,

a quien le bastaba ver la dirección de unos estratos para deducir el sistema de montañas y edad geológica a que correspondían; y adversarios decididos, como un eminente comentarista, que veía en las teorías de Beaumont la demostración mejor del cretinismo matemático de L'Ecole Polytechnique.

Tras esta Edad heróica, ha entrado la Geología en la Edad Moderna: y Suess ha sido el que la ha abierto, como dice Marcelo Bertrand en su bello preámbulo de la Traducción de "La Face de la Terre", no con procedimientos especiales ni estableciendo hipótesis de principios, ni postulados arbitrarios, sino agrupando hechos, de un extremo a otro del globo, comparándolos entre sí, y analizándolos desde una altura de visión suficiente para ver los trazos fundamentales del conjunto, acusarse, destacarse claramente entre la complejidad del detalle".

Ya no son las montañas efecto de empujes de abajo a arriba, ni de esfuerzos laterales causados por la aparición de rocas eruptivas, como creía De Buch; sino de esfuerzos tangenciales producidos al descender la corteza terrestre, obligada a ocupar el vacío que deja la contracción secular del globo a medida que va enfriándose.

Ya no son rectilíneas sus direcciones, como creyó Beaumont, abusando del criterio geométrico, sino curvas, a veces muy sinuosas; y no hay que buscar leyes para regular su formación, pues en muchas no hay que ver más que un efecto casual de la distribución de los primeros montones de escoria al consolidarse la superficie del planeta.

Ya no hay que ver en el surgimiento de las cadenas montañosas, el principio, o la aparición de nuevas edades geológicas, como sostuvo Cuvier: porque la formación de un pliegue en la corteza terrestre, (que a esto viene a quedar reducido el nacimiento de una montaña), es un hecho local, y no siempre coincide con el fenómeno de orden general que determina un cambio en las edades geológicas.

Ya los mares, esa gran envolvente líquida que cubre las 4/5 partes de la superficie del planeta, y cuyo volumen es tan considerable, que si desapareciesen las profundas fosas submarinas actuales regularizándose el fondo de los mares, y el agua cubriese con uniformidad toda la superficie de la Tierra, estaría ésta envuelta en una capa de agua de 3 kilómetros de espesor, no suben o bajan por la aparición de los sistemas montañosos, sino que su superficie está sujeta a *Transgresiones* y *regresiones*: es decir: avanzan o retroceden por efecto de movimientos *eustáticos,* o sea, generales, de la corteza terrestre en las profundidades marinas.

Pues bien: todos estos resultados, adquiridos a fuerza de observación y de estudio de los fenómenos que se ofrecen a nuestra vista, conducen al geólogo al conocimiento de la faz *actual* de la tierra; pero como el conocimiento de un hecho, en un punto dado en la naturaleza, trae consigo el del estado de aquel punto antes de que el hecho tuviese lugar, resulta que los geólogos han sentido la necesidad de cultivar la *Paleogeografía,* o sea, la *geografía antigua,* geografía que ha de

variar mucho según las épocas, y que desde luego ha de diferir considerablemente de la geografía actual.

Fué ya Elías de Beaumont quien primero ensayó los estudios paleogeográficos, con sus "Mapas de Europa durante la época de la caliza grosera". Pero Suess es quien ha despertado el gran movimiento en las ideas paleogeográficas, ya que, sin dar mapas de las etapas diferentes que el globo ha atravesado, ha acumulado datos suficientes para poder reconstituir más o menos la historia del pasado. Dana, Barrois, Marcelo Bertrand, Haug, Karpinsky, han entrado en esta vía, y sobre todo Lapparent, quien en su Tratado de Geología, da una serie completa de mapas representando la tierra en todas las épocas geológicas; pero no hay que decir, que tales mapas son un resumen muy compendiado de una multitud de datos locales debidos al trabajo aislado de innumerables observadores: así es que, lo que más pueden contribuir a la perfección de los mapas paleogeográficos, son los geólogos regionales, puesto que concentrando su atención en comarcas reducidas, pueden dar de la geología local una idea más perfecta y detallada.

Las dificultades serán siempre muy grandes y hasta insuperables, para tener la geografía de las épocas primeras. Y se comprende: del mismo modo que sucede en la historia de la humanidad, la Historia de la Tierra es tanto más confusa cuanto más se aproxima a sus orígenes. En la historia humana, gran parte de sus primeras etapas han escapado a toda tradición: y gracias, que nos hayan quedado en las cuevas prehistóricas trazas de la industria y del arte de aquellos pobladores. Más tarde, las guerras, los incendios, las conmociones sociales han hecho perder o desfigurar una buena parte de los documentos que las sucesivas generaciones iban acopiando.

En la Historia de la Tierra, los documentos que tenemos para consultar, son las hiladas de rocas, los afloramientos de magmas hipogénicos; y también estos documentos están sujetos a tales transformaciones, que muchas veces son difíciles, cuando no imposibles, de seguir: porque, como dice C. Barré en su libro "L'Architecture du sol de la France", hay que considerar en la grande obra de la construcción de la corteza terrestre dos trabajos distintos; primero: uno *arquitectónico,* es decir, de fundación, de construcción, de edificación, representado por los bancos sedimentarios y por las irrupciones de masas eruptivas, los cuales se nos presentan, unas veces en la posición en que se formaron, otras trastornados y removidos por fuerzas extrañas: y segundo: un trabajo *escultórico* que es producido por la labor incesante de los agentes naturales, los cuales modelan, recortan, y hasta destruyen por completo a veces la *obra arquitectónica* desde su cornisa hasta descubrir sus cimientos. Es este un efecto inverso del que en las obras de los hombres produce la labor del escultor respecto de la del arquïtecto; en éstas se ayudan mutuamente, y el trabajo escultórico tiende a aumentar y realzar siempre la belleza de la obra arquitectónica: pero en la arquitectura geológica, la labor escultórica sólo momentáneamente le da realce y belleza, pues a la larga, como no cesa nunca definitivamente, la tendencia es a

anularla y destruirla. El agua atmosférica es sin disputa el factor principal de esta labor de talla y desgaste: pues, no sólo disuelve, lima y altera las rocas dándoles formas y figuras que varían al infinito, sino que, actuando de agente nivelador, tipo perfecto del nihilista geológico, tiene guerra declarada a todo lo que sobresale, y así tiende a derribar y arrebatarlo todo, hasta igualarlo enteramente y llegar a transformar en llanuras las montañas.

Pues bien, en estos y muchos otros casos, el geólogo, ante la dificultad y, mejor diremos, la imposibiidad de dibujar con precisión los contornos geográficos de las formaciones geológicas, ha de limitarse a hacer constar su existencia, para que de ella, pueda *grosso modo* deducirse algún día la mayor o menor proximidad de las masas continentales en otros tiempos.

Paleogeografía de Cataluña.—Y ahora, entrando ya en la paleogeografía de Cataluña, observemos que la superficie triangular que afecta el territorio catalán, es, en su casi totalidad una dependencia del Pirineo, de esta bella e interesantísima cordillera, de la cual la mitad oriental pertenece a Cataluña, y cuya importancia es tan grande en el orden geológico como en el político; de modo que en la obra "Geología de Huesca", dice Mallada, que si no hubiese existido esta formidable barrera que separa una de las naciones de más brillante historia, de otra no menos excelsa en armas, en letras, en ciencias y en artes, otra bien distinta hubiera sido, de luengos siglos, la suerte de Europa".

En las cúspides y en los flancos desgarrados de esta sierra, lo mismo que en las montañas que se relacionan con ella en el ámbito del territorio catalán, asoman las formaciones geológicas que han ocupado más o menos parte de su extensión.

Era arcáica.—Pero si, principiando por los tiempos arcáicos, o de primera consolidación del globo, nos preguntamos cuál era entonces la geografía de Cataluña, recordaremos con De Launay que es prematuro hacer Paleogeografía de unos terrenos que en todo el globo se conocen tan mal. Hay que detenerse ante el imponente espectáculo de la incipiente corteza terrestre, cuando daba principio su consolidación, hallándose rodeada de una atmósfera caliginosa, en la cual toda el agua del planeta se encontraba al estado de vapor, lo mismo que muchas sales y compuestos minerales volatilizables, pesando sobre la tierra con una presión de 200 a 300 atmósferas, y resolviéndose al final del período en formidables diluvios de agua hirviendo, cuya acción física y química sobre la naciente corteza iría acompañada de intensos fenómenos eléctricos, llevando a todas partes ráfagas de destrucción.

Un mar en tempestad contínua debía ir cubriendo el globo, y no hay modo de señalar, en aquellos tiempos, continentes grandes ni reducidos. Así es que el mapita que dió el malogrado geólogo Font y Sagué en su bello compendio titulado *Formació geológica de Catalunya,* que forma parte de la Geografía de Cataluña, por Carreras y Candi, titulado "Catalunya al final de la era arcaica", es un conato de paleogeografía que no tiene valor. Bölsche, que ha dado un

lindo Manual de Paleogeografía (1), llama ingeniosamente a estas primitivas épocas *Período mitológico de la Geología,* y no cree posible dar de ellas mapa gráfico alguno.

Era paleozoica.—Pero al empezar la era paleozoica, ya comienzan a formarse con cierta estabilidad terrenos sedimentarios, demostrando los grandes espesores de pizarras y de calizas la profundidad considerable que ya alcanzaba el medio marino en que se depositaban. Surge la vida representada en los mares precámbricos por dudosos anélidos; en la base del (2) silúrico, por espongiarios, moluscos y crustáceos; más adelante, por hidrozoarios, y luego peces y batracios; y en la tierra por plantas, sobre todo coníferas y criptógamas, las cuales al final de la era, es decir en la época hullera revelan una exuberante vegetación; de suerte que ya puede concebirse la geografía catalana al principio y al medio de la era, como constituida por un continente costero desde Barcelona a Gerona, dominando un extenso mar que cubriría casi toda Cataluña, puesto que en numerosos sitios desde el Tibidabo al Valle de Arán, y desde la sierra de Prades en la provincia de Tarragona hasta el Pirineo Oriental encima de Rosas, aparecen muestras de los terrenos cámbricos, silúricos y devónicos, carbónicos y pérmicos (si bien estos últimos muy escasamente), y en muchos más se descubrirían si no los mantuviesen ocultos otros terrenos más recientes. El Pirineo no existía aún; y aunque no podían estar muy lejanas las tierras que en la época hullera daban a los sedimentos que asoman a todo lo largo de la sierra las plantas y troncos que abundan en San Juan de las Abadesas, Seo de Urgel, Aguiró, etc., no es fácil apreciar el sitio que ocupaban; de todos modos, como el piso carbónico revela un régimen lagunar, pues los depósitos carbonosos exigen lagos abundantes, un suelo profundamente accidentado y sujeto a constantes descensos para que sus depresiones no lleguen a colmarse con los sedimentos que las aguas torrenciales vayan acumulando, es evidente que la geografía del territorio al final de la era, fué muy distinta que al principio, y hemos de representarnos la faz de la tierra en Cataluña al terminar la era primaria o paleozoica, como formada por grandes lagos diseminados entre zonas montuosas, de las cuales la más importante debía ocupar la parte de levante de lo que es hoy costa catalana, y pobladas de frondosos bosques llenos de helechos, de grandes calamites, sigillaria, Lepidodendron, etc., vegetales que si bien constituían una flora no tan abundante en variados géneros y especies como lo es la flora actual, eran numerosísimos por su fecundísima multiplicación, y así iban fijando y asimilándose las enormes proporciones de anhidrido carbónico esparcidas en la atmósfera en medio de un clima tropical.

---

(1) Bolsche Wilhelm.—Los continentes y los mares: sus variaciones en los periodos geológicos—Traducción española por Maximino San Miguel de la Cámara. Casa editorial *Estudio.* Barcelona. 1914.

(2) De Launay.—La Science Géologique.—París. Armand Colin. 1905.—pág. 670.

Esas zonas montuosas, verdaderas cordilleras, efecto de lo que la tectónica llama *movimientos hercynianos,* aparecieron en el período carbonífero y siguieron en el pérmico y el triásico, ofreciendo una serie de grandes trastornos en la corteza terrestre, que cesó durante las épocas que siguieron hasta llegar a la era terciaria.

ERA SECUNDARIA.—Y estamos ya en la era secundaria que abraza el triásico, el jurásico y el cretácico. Todos estos terrenos tienen gran representación en Cataluña.

Los tiempos triásicos debieron ser en sus comienzos, tiempos de destrucción. Potentes conglomerados cuarzosos de tono rojizo cubren grandes extensiones, revelando que violentas corrientes han demolido las montañas. Pero por uno de esos movimientos de báscula frecuentes en la corteza terrestre, la tierra desciende, los mares dominan y ganan profundidad, y fórmanse grandes depósitos de calizas, y dolomías, a la vez que aparece esa curiosa roca verde llamada *Ofita,* sobre la cual tanto se ha discutido, creyéndola, los unos, eruptiva, otros sedimentaria, y algunos simple efecto de metamorfismo. Al fin del trías un movimiento inverso de la corteza restablece un régimen lagunar, depositándose grandes espesores de margas, yesos, y sal, por lo que este tramo se ha llamado *salífero.*

De modo que la geografía de Cataluña en la época triásica ha debido variar considerablemente, por la destrucción de gran parte de las cordilleras hercynianas, y por el predominio de la zona marina al principio, y la lagunar al fin.

Mas, al entrar la época jurásica volvieron los mares a dominar, como lo prueban los cefalópodos y braquiópodos que encierran las hiladas. Pero al terminar, repitióse un movimiento inverso de la corteza terrestre cambiando profundamente la fisonomía geográfica. Los mares, lo mismo en Cataluña que en el centro de Europa, perdieron profundidad. Las corrientes que a ellos aportaban los sedimentos que tomaban de la tierra firme, no eran impetuosas; los lodos que dejaban eran finísimos, tanto que el tiempo los ha transformado en calizas de grano impalpable que la industria aprovecha bajo el nombre de *calizas litográficas.* Sólo que este fenómeno no se presentó más que en la región central catalana, según hice ver en 1915 en mi estudio sobre el jurásico superior de la provincia de Lérida. Debía entonces estar emergido el suelo por el Norte, Este y Sud, hasta rebasar la costa mediterránea, dando lugar a que las aguas marinas, rodeando por Castellón, se extendiesen con grandes profundidades por las Islas Baleares, donde han dejado la fauna tithónica, para remontar otra vez hacia el Continente, y enlazar con los mares de la Europa central, que en Solenhofen (Baviera) y en Cerin (Francia) han dado especies fósiles iguales a las de Cataluña.

Así es que la faz de la tierra en este país al fin del jurásico, debió consistir en un macizo continental que por al lado Mediterráneo trasladaba la costa mucho más mar adentro, y por el Este y Norte otro macizo montañoso envolvía un golfo de poca profundidad, que, dando vuelta por Teruel y Castellón, comunicaba

con el mar profundo en que entonces estaban sepultadas las que después fueron islas Baleares.

De calma, califican todos los autores este gran período secundario que termina en el cretácico, aunque la tierra no haya cesado nunca en sus movimientos de ascenso y de descenso: y es que la quietud, en la corteza terrestre, no puede ser absoluta: el lento y contínuo enfriamiento a que está sujeto el globo, lleva consigo cambios de volúmen y de forma, que se traducen en lo que podemos llamar *abolladuras* de su superficie; y esto se produce en larguísimos períodos que se descomponen en épocas de *preparación,* durante las cuales son lentos y variables sus movimientos; y en épocas de *cataclismo,* en que las presiones llegan a su máximo, los pliegues de las capas se doblan y caen, las fallas y roturas se producen, y se abren y desploman en parte las montañas. Como estos grandes efectos se han notado en la época terciaria, de aquí que se llame época de calma la que atraviesa el secundario.

Mas, siguiendo ahora la evolución terrestre en el *cretácico* veremos como también los lentos movimientos se acusan al final: pues en los primeros tiempos, es decir durante el cretáceo inferior, el mar invade la baja Cataluña, desde lo que son hoy costas de Garraf hasta más allá de Tortosa: y rodeando la sierra de Prades en la provincia de Tarragona, penetra en la provincia de Lérida y atraviesa la de Barcelona en su región Norte, enlazándose con el Mediterráneo por la de Gerona en el *Bajo* Ampurdán.

De modo que la faz de la tierra catalana en la mayor parte del período cretácico, ofreció una cordillera paleozoica desde Barcelona a Bagur, que alejaría mar adentro la costa mediterránea; otra sierra en Prades (provincia de Tarragona), y por el Norte tal vez surgía una parte de los altos Pirineos; pues lo que es en la extremidad oriental, esta cordillera es de creer que no existía, y que el mar cretáceo catalán se extendía penetrando en Francia por la Baja Provenza, cuyas colinas ofrecen el mismo aspecto petrográfico y paleontológico que las de la desembocadura del Ter en Torroella de Montgrí, hasta La Escala.

Pero la ley que parece sujetar los movimientos de la corteza terrestre a una serie sin fin de oscilaciones, se cumple también en el período cretácico, transformando al final del mismo los mares profundos en vastas lagunas, donde al lado de abundantes *cyrenas* se ven *Unio* y *Lychnus,* y cuyo dominio era a veces invadido por aguas marinas, que las poblaban de rudistos como son los *Hippurites* y *Radiolites,* fósiles interesantísimos en tales yacimientos, porque su coexistencia con la *Pyrgulífera armata* me proporcionó la satisfacción de resolver en España un problema que traía divididos a los geólogos franceses: cual fué, que el horizonte de Rognac en Las Bocas del Ródano (Provenza), es el equivalente lacustre de las capas marinas que en Auzás (Alto-Garona), caracterizan el tramo *garumnense,* nombre dado por Leymerie a la facies lacustre del tramo *danés.*

Así es que la geografía catalana en los últimos tiempos cretáceos debía ofrecer un entumecimiento general del territorio, ganando enormemente en ex-

tensión tierra adentro tanto el macizo litoral, como otro que corría por el Norte; y, alojándose entre los dos, extensas planicies pobladas de lagos que viniendo de la Provenza, pasaban por Amelie les Bains, penetraban en la provincia de Gerona por Massarac y Carbonils, en la de Barcelona por Fígols, en la de Lérida por Coll de Nargó y Cuenca de Tremp y entraban en Aragón, formando una larga depresión central de Este a Oeste.

ERA TERCIARIA.—Y así acabó la era *secundaria* para abrirse la *terciaria*.

Los albores de esta época debieron participar del ocaso de la anterior, por cuanto se notan a lo largo del macizo costero por su parte septentrional, unos sedimentos rojizos, de carácter lacustre, que durante mucho tiempo se tuvieron por *garumnenses,* siguiendo la opinión que expuso ante la Sociedad Geológica de Francia el célebre geólogo De Verneuil, quien fué el primero que descubrió en ellas el *Bulimus* que más tarde describí con el nombre de *B. Gerundensis*. Pero esta facies lagunar, duró en Cataluña todo el tiempo que en el centro de Europa se depositaron los sedimentos *Suessonenses,* es decir los tramos *Thanetiense, Sparnaciense* y *Ipresiense* que representan la base del *Numulítico*. La corteza terrestre descendía de nuevo, y las aguas marinas iban apoderándose de casi todo el territorio catalán, de modo que los sedimentos, primero calizos, luego margosos y sabulosos, alcanzan espesores enormes que pasan de 1.000 metros y representan lo que en la cuenca de París se llama el tramo *parisiense*.

El final de esta época, está señalado por uno de los sucesos más culminantes de la Historia Geológica de España; que es el surgimiento del Pirineo: de cuyo origen preciso nada se sabe, pues, aunque se supone que, en épocas más antiguas, parte de él se alzaba sobre los mares de entonces, nadie sabe que parte era, ni que extensión tenía, ni que grado de elevación ha alcanzado en las diversas etapas geológicas; y sólo sabemos que hoy coronan sus cumbres en unos sitios hiladas *silúricas,* como sucede en el límite de Lérida con el Valle de Andorra; en otros, de la época *carbonífera,* como la divisoria del Valle de Arán y del Pallás y Ribagorza; y en otros de la época *numulítica,* como en el pico de Tres Sorores: todo lo cual enseña que en cada una de esas etapas y en cada uno de estos puntos, eran aún los Pirineos fondo de mar (1).

Sea como fuere, el principal movimiento que dió forma al Pirineo, tuvo lugar al terminar el *eoceno* es decir, el *numulítico;* y el modo de aparecer, merece que nos detengamos en él.

---

(1) De Launay en su obra *La science geologique* dice pág. 425, que el eje de la sierra Pirenaica había ya sido esbozado en la época hercyniana, pero sin ser sincrónico de la cadena hercyniana principal. Antes de la sedimentación del carbonífero, produjose un primer pliegue: otro durante el trias: durante el eoceno medio, los Pirineos empezaron a acentuarse, antes que los Alpes propiamente dichos: la primera arruga se produjo durante el *Luteciense;* una segunda durante el *bartoniense,* y el movimiento más intenso tuvo lugar al principio del oligoceno, entre el *Sannoisiense* y el *estampiense* y estas últimas capas han sido plegadas cuando comenzaba el levantamiento de los Alpes.

Copio estos datos por ser este autor el que los ha dado más condensados para contribuir a la Historia Geológica de la cordillera, sin hacerme en absoluto solidario de ellos.

Hemos hablado muchas veces del macizo costero que hemos dicho existir desde los primeros tiempos en la provincia de Barcelona. Esta sierra que hoy vemos recortada por el mar, era parte de un gran macizo cuya existencia fué Suess el primero que la indicó, macizo que en trabajos anteriores he denominado *macizo mediterráneo,* que acaso llegaba hasta las costas africanas, sin dejar de presentar algún golfo en lo que era entonces un pequeño mar: pero que, de todos modos, no era más que la manifestación de un grueso pliegue, o sea, lo que se llama un *anticlinal* de la corteza terrestre.

Al terminar el *numulítico,* este pliegue había alcanzado una gran importancia; y como era resultado de un empuje tangencial que desde el Africa venía desarrollando su presión hacia el centro de Francia, producíase junto a ese centro de mayor resistencia otro pliegue, que es lo que hoy llamamos Pirineo, levantándose esta cordillera, y dejando entre ella y el *macizo mediterráneo* un vasto espacio formado por lo que se llama en tectónica, un *sinclinal,* ocupado por las aguas.

La elevación que alcanzarían los estratos en esos dos macizos del Norte y del Sud, debió ser muy grande, mucho mayor que la que tienen las actuales sierras europeas; pero las aguas atmosféricas se encargaron de irlas rebajando; y sus violentas corrientes torrenciales iban acumulando al pie de las mismas esa enorme cantidad de cantos rodados que hoy vemos constituir los potentes conglomerados de Montserrat en la baja Cataluña, y de Busa en la zona pirenaica.

De modo, que al levantarse el Pirineo, quedó el territorio catalán convertido en un vastísimo lago central que invadía gran parte de Cataluña y de Aragón, comprendido entre dos altas sierras: al Norte, la Pirenaica; al Sur el macizo Mediterráneo. Y las dos daban al lago los detritus que las aguas de sus vertientes arrastraban: por lo cual puede comprenderse que, la idea vertida por algún geólogo, de que en aquellos tiempos los ríos bajaban de Sur a Norte, esto es, al revés que hoy, si bien es cierta, no es precisa: porque esto no reza más que con el macizo meridional. En la sierra Pirenaica bajaban los ríos de Norte a Sur, como ahora; y unos y otros desembocaban en este vasto lago, en cuyas orillas, tan apartadas como son, quedaban a modo de cordón litoral por su orilla del Norte, los conglomerados poligénicos que corren por la falda del Pirineo, y por su orilla de Sur los que se ven por la falda del Montseny, San Llorens, Montserrat, Montsant, etc., mientras que los sedimentos finos iban extendiéndose por la superficie del lago, y rellenándolo en forma de margas y calizas arcillosas.

Pero no hay que creer que esa transformación de una zona marina en otra lacustre, fuese obra breve, ni efectuada sin interrupción alguna: pues los recientes descubrimientos de sales potásicas en Cataluña han motivado numerosos sondeos que han explorado más de 800 metros de profundidad, y han revelado, la mayor parte, la existencia de unos potentes depósitos de sal gema; y evidentemente, estos depósitos, en cuanto no sean pertenecientes a manchones del trías superior, no pueden ser otra cosa que efecto de la concentración y evaporación de

las aguas marinas que quedaban del numulítico; fenómeno que debió absorber mucho tiempo antes de recibir los sedimentos lacustres.

Pues bien: todo este trabajo fué obra de una época conocida con el nombre de serie *oligocena,* durante la cual, esos sedimentos tumultuosos lo mismo que los de origen más tranquilo, permanecieron debajo de las aguas, porque no había llegado la hora de aparecer las montañas de Montserrat, Montsant, y demás que acabo de nombrar.

La facies de la geografía catalana en esta época, queda definida por la descripción que acabo de hacer. Mas al terminar, y entrar la época *miocénica,* iba a producirse un cambio importantísimo.

El empuje que en los estratos terrestres se recibía viniendo del continente africano, varió su dirección. Ya no fué ésta casi de Sur a Norte, produciendo un pliegue cuya dirección es (1) E.9° S. a W. 9.° N. esto es, la sierra Pirenaica: sino de Sud Este a Noroeste, (aproximadamente): formóse así en dicha cordillera un pliegue transversal con la dirección de E.30° N. a W. 30° S. en lo que es hoy sierra de Cadí, mientras que en el Macizo Mediterráneo, al acentuarse el pliegue que se venía produciendo, levantándose más y más el terreno, salieron de las aguas los conglomerados de Montsant, Montserrat, San Llorens, etc.: y de entonces es de cuando data la aparición de estas montañas; hasta, que al entrar el período plioceno, habiendo llegado al límite el alzamiento de los estratos tan fuertemente trastornados, vino el cataclismo: rompiéronse, produjose una enorme falla curva, y descendió a las fosas marinas toda la porción Mediterránea, pero dejando asomar por encima de las aguas lo que son hoy islas Baleares, preciosos testigos o restos de lo que fué un importante continente, hoy casi todo él, sepultado en el mar.

Es muy probable que este gran macizo no enlazaba con el que Mister Forsyth Major ha llamado *Tyrrhénida,* que se admite que unía con el continente europeo a las islas de Córcega y Cerdeña, y del cual se consideran ser los restos dichos dos macizos insulares próximos a la península italiana, y los de los Mauros y Esterel que han quedado en Francia en la parte oriental de la Provenza, porque la existencia de sedimentos marinos miocenos y pliocenos en nuestro Golfo de Rosas, exige separación entre los dos macizos dichos, para que el mar mediterráneo de ambas épocas geológicas, aún siendo más pequeño que hoy, penetrase en nuestro bajo Ampurdán.

De todos modos, es de creer, que serán de la misma edad, y datarán de un mismo movimiento tectónico la formación de la gran escotadura que ofrece la costa catalana y valenciana, y la que presenta el litoral francés en el Golfo del León, que data también del plioceno. (2)

---

(1) Schrader.—Apercu sommaire de l'Orographie des Pyrenées.—Annuaire du Clup alpin Francais. 1886. París.

(2) O. Barré.—Op. cit. pág. 50.

Pero he de aprovechar esta ocasión para señalar una deficiencia que se nota en todos los mapas geológicos franceses cuando quieren señalar las direcciones de los pliegues terrestres en Cataluña. Schrader y Margerie en su "Aperçu de la structure géologique des Pirinées", y De Launay mismo en su tan importante obra que llevo muchas veces citada, *La Science Géologique,* no marcan más que la dirección del pliegue general Pirenaico, el cual se ven obligados a figurar tortuoso, porque hacen omisión de este otro pliegue importantísimo, de la Sierra de Cadí, que consideran ser un accidente en la dirección del eje pirenaico, y, sin embargo, es independiente del todo, pero que se cruza con él oblícuamente, que alcanza también el Canigó, que traza el curso de dos ríos diametralmente opuestos como son el Segre en España y el Tet en Francia, y que, por ser paralelo a la costa, y ser la expresión de ese formidable empuje cuyo resultado final fué dibujarse la Costa Mediterránea tal cual hoy la vemos, ha dejado su traza perfectamente marcada en muchos accidentes orográficos e hidrográficos de nuestro país.

Por esto en la reciente obra "Geografía General de Catalunya" por Carreras y Candi, me esforcé en el capítulo de Geografía física, en hacer resaltar estas dos direcciones y las épocas geológicas que representan, deduciendo de ello las variaciones que el segundo movimiento ha producido en el curso de nuestros rios, y que anteriormente había hecho constar en mi Memoria sobre *La Tectónica y los ríos de Cataluña.*

La época *miocénica* ha preparado, pues, la Geografía de Cataluña para quedar en la siguiente época tal cual está hoy. Del mismo modo que, al empezar el período *oligocénico,* operóse el desagüe y expulsión de los mares numulíticos, al empezar el *miocénico,* la intumescencia general del terreno hizo vaciar los lagos oligocénicos, transformándolos en grandes llanuras; pero en la zona litoral daba entrada a las aguas marinas en algunos puntos, como son el Ampurdán, los alrededores de Barcelona, Villafranca y el Vallés, Tarragona y las bocas del Ebro; y en el Pirineo formábanse los lagos de Puigcerdá y de Seo de Urgel que tan importante fauna de vertebrados me han suministrado.

Al final del período, es decir, durante el mioceno superior, produjose en la zona costera de Barcelona un movimiento local que determinó el alzamiento de Montjuich, cuyas hiladas más altas corresponden al Mioceno medio, y se ven metamorfoseadas, al parecer, por un efecto de dinamismo, llamado *Dinamometamorfismo,* pues no se ven señales de roca eruptiva alguna: siendo por lo tanto probable que el calor desarrollado por la presión al formarse y romperse después el pliegue del cual la montaña de Montjuich es sólo el ala septentrional, (pues el ala meridional se sumergió en el fondo del mar), determinó el metamorfismo en las areniscas calíferas que le constituyen.

Al abrirse la era *pliocena,* esa Era que tanta importancia tiene para la Historia geológica del Mediterráneo, porque entonces fué cuando se abrió el estrecho de Gibraltar, ya hemos visto por el hundimiento operado en la Costa y la aparición de la Sierra de Cadí en el Pirineo, cuán profunda variación se operó en la

Geografía Catalana. El mar se extendió por el llano de Barcelona penetrando hasta Tarrasa, invadiendo el bajo Llobregat hasta Martorell, y siguió cubriendo el golfo del Ampurdán. Pero indudablemente al final del período iba levantándose el macizo general del territorio para expulsar estas aguas marinas, y tomar Cataluña la configuración geográfica de los tiempos actuales, cuyo destino era recibir al hombre.

Era pleistocena.—Y entró la era pleistocena que abraza la cuaternaria y la actual. El reposo parece que se estableció en la corteza terrestre para favorecer el desarrollo de la vida humana, pues no hay apenas diferencia entre la geografía de hoy y la de los tiempos pliocenos: pero este quietismo es ilusorio: la pequeñez del tiempo que lleva el género humano de ocupar la tierra, comparada con la duración de los períodos geológicos que ésta ha atravesado, no permite apreciar lo que es en sí esa calma, que como hemos visto, en otras épocas también ha existido, sin dejar por eso de irse secretamente acumulando energías en el interior del globo, para producir a su tiempo catástrofes formidables. Son prueba de esos lentos movimientos en el territorio catalán, el avance de la costa en el golfo de Rosas que en los tiempos pliocenos llegaba hasta cerca de Figueras; y el que tuvo lugar en el llano de Barcelona, donde el Montjuich, que era un islote en dichos tiempos, forma ahora un promontorio enlazado con lo que era entonces fondo de mar. Son éstos, unos movimientos de intumescencia que ha definido Suess con el nombre de movimientos *negativos* del mar, o sea, movimientos de *regresión.*

El fenómeno principal que se destaca en el principio de la época pleistocena, es el *glaciarismo,* cuyas causas no son aún perfectamente conocidas, que acumuló en las altas cumbres, y por consiguiente, en los Pirineos, masas enormes de nieve, dando origen a ríos de hielo que en su movimiento de descenso iban empujando rimeros de grandes piedras a los cuales se da el nombre de *Morrenas,* que quedan aún hoy en lo alto de algunos valles, a través de los mismos, pero sin afectar más que de un modo muy secundario a la Geografía local.

Otra prueba de que la actividad interna del globo no ha cesado, está en los fenómenos volcánicos; pues las emisiones de *basalto* a través de las grietas de la corteza terrestre, se han observado ya en la época *devónica,* y continuan hoy dia presentando en diversas comarcas gran intensidad. La extremidad Nordeste de Cataluña ha sido teatro de fenómenos volcánicos en un vasto territorio triangular que tiene un vértice en Olot, otro en Cadaqués y otro en Tordera; (1) y la magnitud y número de sus volcanes, hoy apagados, y la extensión y espesor de las corrientes de lava que de ellos partían, corriendo como torrentes de fuego por los cauces de los ríos, o esparciéndose en inflamadas sábanas por la superficie de llanos y mesetas, debió producir a los que lo presenciaron, (pues este grandioso

(1) Calderón Cazurro y Fernández.—Formaciones volcánicas de la prov. de Gerona.—Memorias de la Real Soc. Española de Hist. Nat.—Madrid, 1907.

fenómenos data de los tiempos actuales), el efecto de un país en completa ignición; y quien sabe, si el nombre de *Pirineos* reconoce este origen. Ello es que Herodoto fué el primer escritor que los ha nombrado, y como no estuvo jamás en España, país que para muchos escritores y geógrafos de la antigüedad era una especie de *terra incógnita,* (1), que sólo fué visitada, y esto únicamente en las zonas litorales, por mercaderes fenicios y raras colonias griegas, no es extraño que dicho escritor nada explique sobre el nombre de los Pirineos, y que sobre ellos se inventasen leyendas, una de las cuales es la que refiere Diodoro de Sicilia inspirándose en Posidonio, cuando dice que un gran incendio devastó los bosques pirenaicos, y a su calor corrían por los valles ríos de plata fundida. Posible es que la fluidez de basalto fundido haya tenido parte en esta extravagante tradición.

Pues bien: este grandioso fenómeno volcánico no tuvo gran influencia en la geografía local, pues ni siquiera llegó a variar el curso de los ríos, a pesar de que la corriente de ardiente lava que bajó por el Fluviá tenía un espesor de más de 60 metros y ha dejado en Castellfullit uno de los más hermosos ejemplos de un río de basalto encima de los antiguos acarreos de un río que aún subsiste.

Y con esto doy fin a la árida enumeración que he intentado hacer de las vicisitudes porque ha pasado el territorio catalán en las épocas geológicas.

El auditorio me perdonará la monotonía y pesadez del relato, ante el interés que tal investigación reviste para el estudio de la tierra.

Así como aquel que, por herencia o por compra, entra en posesión de una propiedad territorial, no se contenta con saber sus límites actuales, sino que trata de inquirir cuales han sido en otros tiempos, y por qué causa se ha ido agrandando o achicando su territorio; saber, en una palabra la historia del terruño desde la más remota antigüedad que la documentación de que dispone le permite alcanzar; aquel que cultiva las ciencias geológicas, principalmente en el país donde a Dios plugo darle vida, se considera también heredero, o cuando menos, usufructuario de la porción de corteza terrestre en donde ha nacido y se ha formado; y movido por un noble y elevado sentimiento de regionalismo, trata de saber el cómo y el por qué de la actual configuración de su región. Quiere averiguar cuando se dibujó el hermoso perfil de su costa que bañan las aguas del mar; cómo y en qué épocas, surgieron esas sierras que la cruzan, unas tan ásperas y desnudas, otras pobladas de espesos bosques. Cuál ha sido en otros tiempos el curso de estos ríos, que son la vida de sus campos y la fuerza de su industria. En tan difícil y penosa faena, sírvenle de guía los profundos trabajos de los sabios que a estudiar el globo se han dedicado; pero, como ya he indicado en un principio, esta labor de los que, como él, se ocupan en estudiar la *patria chica,* es la que suministra más materiales de detalle para la historia geológica de la tierra, que es la *patria grande.*

---

(1) Camena d'Almeida.—Les Pyrenées.—Imp. Armand Colin. París.

Vezián, que, aunque era extranjero, casi tenía carta de naturaleza en Cataluña, exploró durante muchos años los alrededores de Barcelona; Maureta Thós, Almera, Bofill, Palet y Barba, Font y Sagué, Gelabert, Faura y otros varios, y permitidme que me reserve entre ellos un sitio, aunque modesto, han ido publicando el fruto de pacientes observaciones en toda Cataluña.

Más adelante, los grandes cultivadores de la Geología, los Maestros de esta hermosa Ciencia, son los llamados a reunir y analizar todos estos trabajos, tomando de ellos sólo lo que merezca conservarse. Mas, por poco que esto sea, y por mucho que se deseche siempre queda algo, que hace provechosa la labor, y que estimula a continuarla.

PRESENTED
1 7 JUN 1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 6

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

POLIEDROS DE ARQUÍMEDES

CONVEXOS O ESTRELLADOS

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

J. M. BARTRINA Y CAPELLA

Publicado en diciembre de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 6

POLIEDROS DE ARQUÍMEDES

CONVEXOS O ESTRELLADOS

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

J. M. BARTRINA Y CAPELLA

Publicado en diciembre de 1916

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1916

POLIEDROS DE ARQUÍMEDES

CONVEXOS O ESTRELLADOS

por el académico numerario

J. M. Bartrina y Capella

Sesión del día 26 de junio de 1916

I. — Deducción de los poliedros semi-regulares convexos

1. Propóngome, en esta Memoria, determinar cuáles son las variedades posibles de los poliedros llamados *semi-regulares* o *de Arquímedes,* es decir, de los que tienen sus caras regulares, pero no todas idénticas, y sus ángulos sólidos iguales o simétricos. Estos poliedros, descubiertos por el inmortal geómetra de Siracusa y descritos por Papus, han sido estudiados después por diversos matemáticos, entre otros por el célebre astrónomo Kepler, y muy detenidamente por Meier Hirchs; pero limitándose al caso en que aquellos cuerpos son convexos. El caso en que no gocen de esta propiedad, esto es, en que sean estrellados, ya por serlo alguna de sus caras, o por ser plegados sus ángulos poliédricos, o por ambas circunstancias a la vez, no ha sido, según presumo, tema de investigaciones, y constituye el objeto principal de este opúsculo.

2. Empezaré por indicar, brevemente, cómo pueden hallarse todas las soluciones posibles de poliedros arquimédicos convexos. Uno de estos poliedros no puede poseer más de tres clases de caras, ni ángulos sólidos con más de cinco aristas; porque sumando cuatro ángulos de polígono regular convexo, todos diferentes, o seis no todos iguales, se obtiene una suma mayor que cuatro rectos.

Si en cada vértice de un poliedro arquimédico convexo se reunen α caras poligonales de p lados, 6 de q lados y γ de r lados, la suma de las caras angulares que concurren en aquel vértice vale menos de cuatro rectos, y se cumple, por consiguiente, la relación

$$\frac{2\alpha}{p} + \frac{2\,6}{q} + \frac{2\gamma}{r} - (\alpha + 6 + \gamma - 2) > 0. \qquad (1)$$

I. *Si los ángulos son triédricos,* se compondrán de dos caras p-gonales y una

q-gonal, o de tres caras diferentes de p, q, y r lados. En el primer caso, la desigualdad anterior se convierte en

$$\frac{4}{p} + \frac{2}{q} - 1 > 0,$$

y sus soluciones, teniendo en cuenta que p y q son diferentes, y p debe ser par (porque cada cara p-gonal está cercada alternativamente por caras de p y de q lados) son las siguientes:

$$p = 4, \quad 6, \quad 6, \quad 6, \quad 8, \quad 10,$$

$$q = x, \quad 3, \quad 4. \quad 5, \quad 3, \quad 3.$$

Pero si en cada vértice se reunen tres caras distintas de p, q y r lados, estos tres números serán pares; porque cada cara de una clase se hallará cercada alternativamente por dos de las otras dos clases; y la desigualdad correspondiente

$$\frac{2}{p} + \frac{2}{q} + \frac{2}{r} - 1 > 0$$

(teniendo en cuenta que p, q y r no deben ser iguales, pues entonces el poliedro sería regular) no tendrá más soluciones, de distinta significación, que estas dos:

$$(p = 4, \quad q = 6, \quad r = 8), \qquad (p = 4, \quad q = 6, \quad r = 10).$$

II. *Si los ángulos son tetraédricos,* podrá ocurrir que, de sus cuatro caras, tres sean de p lados y una de q, o dos de p lados y dos de q, o dos de p lados, una de q y otra de r. En el primer supuesto, tenemos la desigualdad

$$\frac{3}{p} + \frac{1}{q} - 1 > 0,$$

que origina las soluciones

$$(p = 3, \quad q = x) \qquad (p = \ 4, q = 3).$$

En el segundo supuesto, disponemos de la relación

$$\frac{2}{p} + \frac{2}{q} - 1 > 0,$$

que (debiendo ser diferentes p y q, sólo se satisface por los pares de valores (y sus simétricos)

$$(p = 3, \quad q = 4), \qquad (p = 3, \quad q = 5).$$

En fin, si en cada ángulo sólido se juntan dos caras A de p lados, una B de q lados, y otra C de r, y las dos caras A no son contiguas, cada una de estas quedará cercada alternadamente por caras B y C; luego p será par, y la desigualdad correspondiente a este caso, que es la

$$\frac{2}{p} + \frac{1}{q} + \frac{1}{r} - 1 > 0,$$

no originará otra solución que la

$$p = 4, \quad q = 3, \quad r = 5,$$

(y la que resulta de permutar r con q).

El caso en que las dos caras A sean contiguas exige que p, q y r sean pares, con cuyas condiciones la desigualdad última es absurda.

III. *Si los ángulos son pentaédricos,* la desigualdad 1 adquiere una de las cuatro formas siguientes:

$$\frac{8}{p} + \frac{2}{q} - 3 > 0, \qquad \frac{6}{p} + \frac{4}{q} - 3 > 0,$$

$$\frac{6}{p} + \frac{2}{q} + \frac{2}{r} - 3 > 0, \qquad \frac{4}{p} + \frac{4}{q} + \frac{2}{r} - 3 > 0.$$

Las tres últimas no originan ninguna solución; pero la primera (que corresponde al supuesto $\alpha = 4$, $6 = 1$, $\gamma = 0$, es decir, al caso en que el ángulo sólido esté compuesto por cuatro caras p-gonales y una q-gonal), se satisface por los pares de valores.

$$(p = 3, \quad q = 4), \qquad (p = 3, \quad q = 5)$$

3. La ley de Euler, $c + v - a = 2$, que enlaza los números c de caras, v de vértices y a de aristas de un poliedro convexo, conduce a las mismas conclusiones anteriores, y permite descubrir, para cada poliedro arquimédico convexo, aquellos números y los de sus diversas clases de caras, siguiendo la marcha adoptada por Meier Hirchs y expuesta por Baltzer en su Tratado de Geometría. Efectivamente, si en cada vértice se reunen α caras de p lados, 6 de q lados, γ de r lados,

etcétera, los números de estas caras serán respectivamente $\alpha v:p$, $6v:q$, $\gamma v:r$,...; y se tendrá:

$$2c = \left(\frac{2\alpha}{p} + \frac{2\,6}{q} + \frac{2\gamma}{r} + \cdots\right)v, \qquad 2a = (\alpha + 6 + \gamma + \cdots)\,v.$$

Sustituyendo estos valores de $2c$ y $2a$ en la relación $2c + 2v - 2a = 4$, resulta

$$\left[2 - \alpha\left(1 - \frac{2}{p}\right) - 6\left(1 - \frac{2}{q}\right) - \gamma\left(1 - \frac{2}{r}\right) - \cdots\right] v = 4. \qquad (2)$$

El factor que multiplica a v debe ser positivo; pero siendo $p > 2$, la suma de cuatro términos de la forma $1 - \frac{2}{p}$ todos diferentes, y también la de seis, no todos iguales, excede a 2; luego, en el poliedro, no existen más de tres clases de caras, ni ángulos sólidos con más de cinco aristas. Así, pues, en la igualdad última, podemos suprimir los puntos suspensivos; y expresando que el factor incluido en el paréntesis recto es positivo, tenemos la relación

$$\frac{2\alpha}{p} + \frac{2\,6}{q} + \frac{2\gamma}{r}(\alpha + 6 + \gamma - 2) > 0,$$

la misma que habíamos obtenido al expresar que la suma de las caras de un ángulo sólido del poliedro semi-regular convexo vale menos de cuatro rectos. Las soluciones admisibles de esta desigualdad (que ya obtuvimos en los tres supuestos posibles de poseer los ángulos sólidos tres, cuatro o cinco aristas) sustituídas en la relación 2, harán conocer a v; y mediante v se podrán calcular los números c_p, c_q, c_r de sus caras de p, q y r lados y los valores de c y a, valiéndose de las fórmulas

$$c_p = \frac{\alpha\, v}{p}, \quad c_q = \frac{6\, v}{q}, \quad c_r = \frac{\gamma\, v}{r}, \quad c = c_p + c_q + c_r, \quad a = \frac{1}{2}(\alpha + 6 + \gamma)\, v.$$

Los resultados obtenidos mediante esos cálculos son los que se consignan en los cuadros siguientes. Los números de la segunda columna expresan la naturaleza de las diversas caras que concurren en cada vértice y el orden en que se suceden; así un ángulo sólido A B A C formado por una cara triangular B, una pentagonal C y dos cuadradas A, no contiguas, se indica con la notación 4. 3. 4. 5.

Poliedros convexos de Arqíumedes, con ángulos triédricos

N.° de orden	A. A. B. o A. B. C.	Número de caras A	caras B	caras C	Número de caras	vértices	aristas	NOMBRES
1	4.4. x	x	2		$x+2$	$2x$	$3x$	Prisma arquimédico.
2	6.6.3	4	4		8	12	18	Bi-tetraedro.
3	6.6.4	8	6		14	24	36	Cubo-octaedro cuadri-exagonal.
4	8.8.3	6	8		14	24	36	Cubo-octaedro-tri-octoganal.
5	6.6.5	20	12		32	60	90	Icosi-dodecaedro penta-exagonal.
6	10.10.3	12	20		32	60	90	Icosi-dodecaedro tri-decagonal.
7	4.6.8	12	8	6	26	48	72	Rombo cubo-octaédrico euadri-exa-octogonal.
8	4.6.10	30	20	12	62	120	180	Rombo-icosi-dodecaédrico cuadri-exa-decagonal.

Poliedros convexos de Arquímedes, con ángulos tetraédricos

N.° de orden	A. A. A. B. o A. B. A. B. o A. B A. C.	Número de caras A	caras B	caras C	Número de caras	vértices	aristas	NOMBRES
9	3.3.3.x	$2x$	2		$2x+2$	$2x$	$4x$	Obelisco arquimédico.
10	4.4.4.3	18	8		26	24	48	Rombo cubo-octaédrico tri-cuadrangular (con centro). Rombo cubo-octaédrico tri-cuadrangular (sin centro).
11	3.4.3.4	8	6		14	12	24	Cubo-octaedro tri-cuadrangular.
12	3.5.3 5	20	12		32	30	60	Icosi-dodecaedro tri-pentagonal.
13	4.3.4.5	30	20	12	62	60	120	Rombo icosi-dodecaédrico tri-cuadri-pentagonal.

Poliedros convexos de Arquímedes, con ángulos pentaédricos

N.° de orden	A.A.A.A.B	Número de caras A	caras B	Número de caras	vértices	aristas	NOMBRES
14	3.3.3.3.4	32	6	38	24	60	Cubísimo directo. Cubísimo retrógrado.
15	3.3.3.3.5	80	12	92	60	150	Ene-contadiedro directo. Ene-contadiedro retrógrado.

De las 15 soluciones numéricas que figuran en los cuadros anteriores, las 1.ª y 9.ª corresponden a dos series ilimitadas de poliedros: una de prismas, y otra de obeliscos.

Los poliedros 2, 3, 4, 5 y 6 resultan de truncar los ángulos sólidos de los cinco poliedros platonianos, mediante planos que conviertan a cada cara en un polígono regular de doble número de lados.

Los poliedros 11 y 12 se obtienen también truncando los ángulos sólidos de un poliedro platoniano (excepto el tetraedro) con los planos que bisecan a las aristas concurrentes en cada vértice.

Los poliedros 7, 8 y 13 se derivan también de los mismos cuatro poliedros regulares convexos, efectuando truncaduras adecuadas en sus ángulos diédricos y poliedrales.

La solución 10 corresponde a dos poliedros diferentes, de los cuales uno posee un centro de simetría, y el otro no. Para construirlos, fórmese un prisma

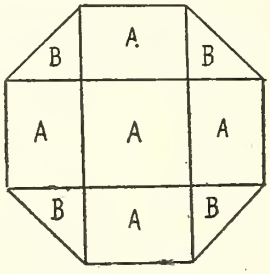


Fig. 1

octogonal arquimédico; y con la misma orilla que cada base (pero externamente al prisma) dos superficies poliedrales abiertas, como la representada en la figura 1, es decir, compuesta, cada una, de 5 cuadrados A y 4 triángulos equiláteros B; y resultará un poliedro arquimédico: si dichas superficies quedan colocadas con los lados de sus cuadrados centrales A respectivamente paralelos, el poliedro poseerá un centro de simetría; pero no lo poseerá, en el caso contrario.

Las soluciones 14 y 15 corresponden cada una, a dos poliedros diferentes, (que no pueden coincidir). Sus cuadrados o pentágonos están situados respectivamente sobre las caras de un cubo o de un dodecaedro platoniano, concéntricos con ellas (pero con distintos ejes binarios) e idénticamente colocados respecto de las mismas. Si A es el vértice de uno de esos cuadrados o pentágonos (figs. 2 y 3) y S el vértice más próximo de la cara P Q R S o P Q R S T correspondiente al poliedro regular en que yacen, podrá ocurrir que, para un observador colocado sobre esta cara por fuera del poliedro, el radio O S deba girar de derecha a izquierda (figs. 2 y 3) o en sentido contrario (figs. 4 y 5) para coincidir con la di-

rección de O A: en el primer cosa, decimos que el poliedro correspondiente en *directo;* y en el segundo, que es *retrógrado.*

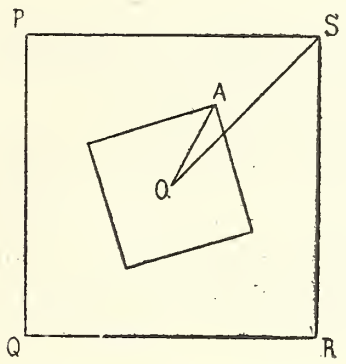


Fig. 2

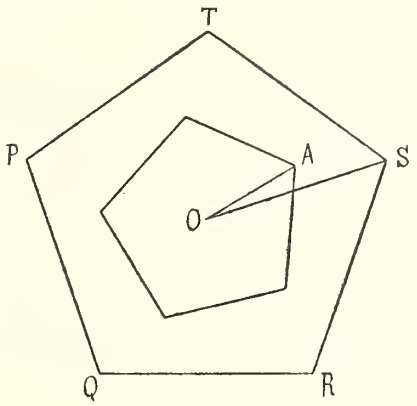


Fig. 3

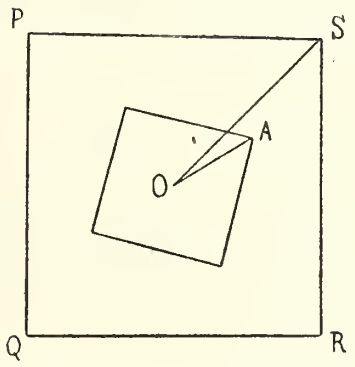


Fig. 4

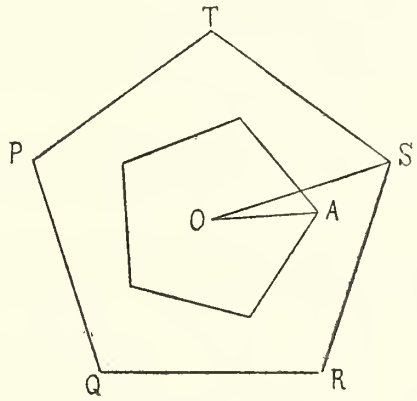


Fig. 5

En resumen, aparte de las dos series ilimitadas de prismas y obeliscos, existen 16 poliedros arquimédicos convexos. Papus, Kepler y otros geómetras cuentan solamente 13, por no considerar que a cada uno de los ángulos sólidos 10, 14 y 15 corresponden dos soluciones diferentes.

4. Ninguno de los dos caminos que acabo de recorrer para descubrir los poliedros semi-regulares convexos, es aplicable a los estrellados. Efectivamente, para un poliedro cualquiera, la relación que existe entre c, v y a es $c + v - a \leqq 2$;

por cuyo motivo, razonando como antes, se hallará que para todo poliedro arquimédico, sea o no convexo, se cumple la ley

$$\left[2-\alpha\left(1-\frac{2}{p}\right)-6\left(1-\frac{2}{q}\right)-\gamma\left(1-\frac{2}{r}\right)-\cdots\right]v \leqq 4;$$

pero ahora el coeficiente de v puede ser positivo, nulo o negativo; y, por tanto, las indeterminadas α, 6,..., p, q,... admiten infinidad de valores, mientras que las variedades posibles de polieros arquimédicos existen en número limitado.

También resulta ineficaz la relación que expresa que las caras de un ángulo sólido suman menos de 4 rectos, si aquél es convexo, o menos de 4ε rectos, si su especie es ε, como vamos a ver. Designando por p', q', ... las respectivas especies de las caras p-gonales, q-gonales, etc. (algunos de los números p, q, r... o todos ellos, podrán ser iguales, por tratarse de polígonos regulares con igual número de lados, pero de especies diferentes) y conservando las notaciones anteriores, la expresada relación es

$$\alpha\frac{2p'}{p}+6\frac{2q'}{q}+\cdots-(\alpha+6+\cdots-2\varepsilon)>,0$$

la cual posee infinidad de soluciones numéricas; y solamente algunas originan poliedros semi-regulares. Para descubrirlos todos, he debido, pues, recurrir a otros procedimientos, que son los que expongo a continuación.

II. Algunos principios relativos a los ejes de simetría

5. Adoptaré la denominación de *eje de simetría,* en el mismo sentido que le asignan los cristalógrafos. Así, diré que una recta es eje de simetría de una figura, cuando ésta coincide consigo misma haciéndola girar alrededor de aquella recta un ángulo igual a una parte alícuota de 4 rectos. Según que esa parte alícuota sea $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, ..., el eje será *binario, ternario,* etc., o de *segundo, tercer orden,* etc. Si el orden es α, a todo elemento M_1 (punto, línea, superficie o espacio) de la figura dada corresponden, en la misma, $\alpha-1$ elementos M_2, M_3, M_4,... *simétricos* u *homólogos* de M_1, agrupados de tal suerte alrededor del eje que, mediante un giro de $360°:\alpha$, coincida cada uno de los elementos M_1, M_2, M_3,... M_α, M_1, en su nueva posición, con la posición primitiva del siguiente. De igual modo, en una figura dibujada sobre la esfera, un punto de su superficie será *centro de simetria binario, ternario,* &., cuando girando alrededor de este punto un ángulo igual a $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$,... de 4 rectos, aquella figura coincida consigo misma; y entonces uno cualquiera de sus elementos y sus homólogos quedarán agrupados alrededor del centro, en tal situación que, mediante un giro de $360°:\alpha$ (si α

es el orden del centro de simetría) cada uno de esos elementos coincidirá, en su nueva situación, con la primitiva del siguiente.

En un poliedro regular con caras α-gonales y ángulos sólidos 6-láteros, son ejes de simetría del orden de α las apotemas, del orden 6 los radios, y de segundo orden las normales a las aristas, dirigidas desde el centro. Un cubo posee los mismos ejes ternarios que los dos tetraedros cuyas aristas son las diagonales de las caras del cubo. Este sólido y el octaedro conjugado, es decir, que tiene por vértices los centros de las caras del cubo, poseen los mismos ejes. Y otro tanto ocurre con un icosadero platoniano, los dos poliedros regulares que tienen los mismos vértices y los conjugados de estos tres. En un prisma regular de base n-gonal, existen un eje del orden n, y n ejes binarios. Un poliedro no puede tener infinidad de ejes.

6. *Si dos rectas* a *y* b *son ejes de simetría de una figura, también lo será toda recta homóloga de una de ellas con relación a la otra.*

Demostración. Sea b' una recta homóloga de b, respecto de a. La figura coincidirá consigo misma, haciéndola girar alrededor de a, hasta que b coincida con b'; y entonces todo sistema de puntos, que respecto de b sean homólogos, seguirá en su nueva posición gozando de la misma propiedad, respecto de b'; luego b' es un eje de simetria del mismo orden que b. Y de igual modo se vería que toda recta a' homóloga de a, con relación a b, es otro eje de simetría, del mismo orden que a.

7. *Si dos rectas* a *y* b *son ejes de simetría de un poliedro, se cortan.*

Demostración. 1.° Si los ejes a y b son binarios, y suponemos que no se cortan, ya por ser paralelos, ya por no pertenecer a un mismo plano, considérese la serie de rectas a, b, a', b', a'', b''..., obtenidas hallando la simétrica de cada una con relación a la siguiente. El número de estas rectas sería ilimitado (puesto que todas tendrían una normal común, a la que cortarían en puntos cada vez más distantes) y como todas serían ejes de simetría del poliedro dado, éste poseería infinidad de ejes, lo que es absurdo.

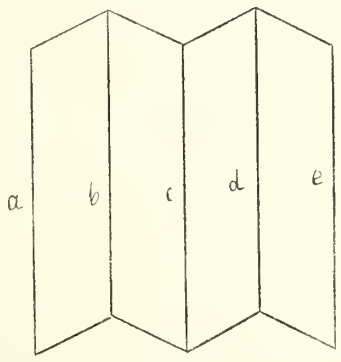


Fig. 6

2.° (Fig. 6). Si los ejes a y b son de un mismo orden n superior a 2, no

podrán ser paralelos. Efectivamente, admitiendo que lo fueran. imagínese una superficie prismática ilimitada constituída por la faja de plano *ab* e infinidad de fajas *bc, cd, de,...* iguales a la primera, y cuyos diedros sucesivos sean alternos respecto de su cara común, y valgan 360° : *n* ; y entonces todas las aristas *a, b, c, d,...* serían ejes de simetría del poliedro dado (6), lo que es inadmisible, porque su número es ilimitado, por hallarse cada vez más lejanas de la recta *a*.

3.° Si los ejes *a* y *b* son de un mismo orden *n* superior a 2, y admitimos que no pertenecen a un número plano, se patentiza el absurdo de este supuesto del modo siguiente.

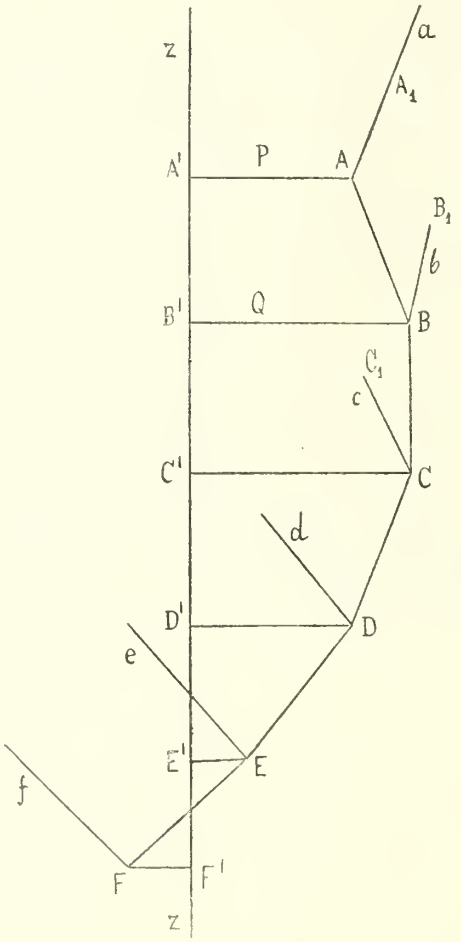


Fig 7

Sean A y B (fig. 7) los pies de la normal común a las rectas *a* y *b*. Fórmense, en los respectivos planos normales a *a* y *b* en los puntos A y B, los ángulos P A B

y A B Q iguales a 360°: $2n$, que serán agudos, puesto que suponemos $n > 2$. Las rectas A P y B Q no podrán caer en un mismo plano; porque, si cayeran, de la misma propiedad gozarán a y b — puesto que resultarían normales a dicho plano — en contradicción con el supuesto. Considérese la recta z que corta normalmente a A P y B Q: las respectivas intersecciones A' y B' serán diferentes de A y B, puesto que los ángulos A' A B y A B B' son agudos. Constrúyanse los cuadriláteros B B'C'C, C C'D'D, D D'E'E,... el primero simétrico del A A' B' B, respecto del eje B B'; el segundo, simétrico del primero, respecto del eje C C'; &; trácense la recta c normal en C al plano B C D; la d normal en D al plano C D E; &; finalmente, márquense sobre las respectivas rectas a, b, c, los puntos A_1, B_1, C_1, escogidos de tal suerte que A_1 y B_1 queden a un mismo lado del plano A B A', y B_1 y C_1 al mismo lado del plano B C B'. De todos estos supuestos se deduce que son iguales los cuadriláteros A A'B'B, B B'C'C, D D' E' E....; que A' B', B' C, C' D',... son de la misma longitud y forman una sola recta z; que, en el cuadrilátero alabeado A A' B' B, por reunir las condiciones áng. A' = áng. B' y áng. A = áng. B, es A A' = B B'; que, por consiguiente, es A A' = B B' = C C'...; que, por ser simétricos respecto del eje B B' los ángulos A B B' y B'B C, el A B C vale el duplo del A B B', o sea 360°: n; y que lo mismo valen B C D, C D E,... La recta z y cualquiera de las a, b, c, d, e,... no pertenecen a un mismo plano; pues si, por ejemplo, se trata de las a y z, vemos que A A' corta normalmente a las dos; pero el plano A' A B, normal a la primera, no lo es a la segunda, por ser B A' oblicua a z. Dos cualesquiera de las rectas a, b, c, d,... son diferentes, pues si, por ejemplo, b y e fueran una misma, ésta y la z, a pesar de no pertenecer a un mismo plano, cortarían a dos normales comunes B B' y E E', lo que es inadmisible. Los diedros B_1 B A A_1 y C_1 C B B_1 son iguales, por serlo las figuras A A' B' B b a y B B' C' C c b, en atención a que pueden coincidir; y por la igualdad de estos diedros y por ser A B C = 360°: n, rectos los ángulos C_1C B, C B B_1, B_1B A, B A A_1 y B A = B C, si la figura gira alrededor de b en sentido conveniente, un ángulo de 360°: n, coincidirá a con c; y, por lo tanto, es la recta c homóloga de a, respecto del eje n-ario b; luego en el poliedro dado es c otro eje de simetría del orden n; y análogamente se vería que también lo son los d, e, f,..., cuyo número, según hemos visto, es ilimitado. Llegamos, pues, a la conclusión de que, si los ejes a y b no pertenecieran a un mismo plano, el poliedro propuesto poseería infinidad de ejes a, b, c, d, e,..., lo que es absurdo.

4.° Por los tres casos examinados, queda establecido que los dos ejes a y b se cortan, si son del mismo orden. Si sus órdenes son diferentes, considérese una recta a' homóloga de a respecto de b, y podrán efectuarse las siguientes deducciones: a' es, en el poliedro dado, un eje de simetría del mismo orden que a; y, por tanto, a y a' se cortan; el punto de intersección debe ser homólogo de sí mismo, y pertenece, por consiguiente, al eje b; luego a y b concurren en dicho punto.

8. *Si una figura tiene dos ejes binarios* p *y* q, *que se cortan normalmente,*

poseerá un tercer eje binario r, *normal a los dos primeros en su punto O de intersección.*

Demostración. (Fig. 8). Sean A un punto de la figura dada, B su simétrico respecto de *p*, C el simétrico de B respecto de *q*, D la proyección normal de A sobre *r*, y E el punto simétrico de D, con relación a O. Entre los elementos homólogos lineales, angulares o diédicos, existen las relaciones siguientes:

$$AD = BE = CD, \quad 90° = ADO = BEO = CDO, \quad Arp = prB, \quad Brq = qrC;$$

y, por tanto,

$$ArC = ArB + BrC = 2prB + 2Brq = 2prq = 2pOq = 180°;$$

luego $ArC = 180°$. Esta igualdad enseña que los semi-planos *r*A y *r*C son opuestos, y que, por consiguiente, A y C son simétricos respecto del eje *r*. Así, a todo

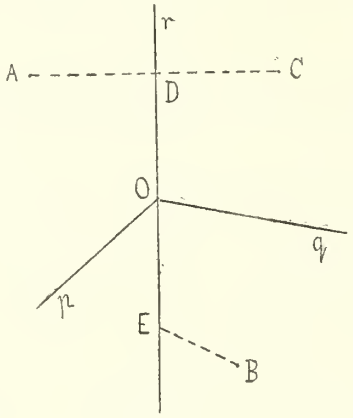


Fig. 8

punto A de la figura dada corresponde uno C de la misma, simétrico respecto de *r;* luego *r* es un eje binario de dicha figura.

9. *Si un poliedro tiene dos ejes binarios* p *y* q, *que se cortan oblicuamente, posee, además de otro u otros también binarios, uno de orden superior a 2, que es normal al plano de aquel par en su punto de concurso.*

Demostración. — (Fig. 9). Formando, sucesivamente, en el plano *pq*, siempre en el mismo sentido, los ángulos $\hat{qr}$, $\hat{rs}$, $\hat{st}$,... iguales al $\hat{pq}$, se vendrá a recaer sobre la recta *p*; porque, de lo contrario, las rectas *p, q, r, s,...* formarían una serie ilimitada; y como (6) son ejes de simetría del poliedro, éste poseería infinidad de ejes, lo que es absurdo. Por consiguiente, las rectas *p, q, r, s, t,...* son, en

cuanto a su dirección, los radios de un n-gono regular, que corresponderán a n direcciones diferentes, si n es impar, y a $\frac{1}{2}\,n$ direcciones, si n es par; y como dicho n-gono no puede ser un cuadrado, por la oblicuidad (según la hipótesis) del

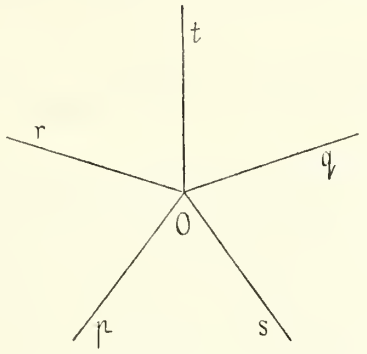


Fig. 9

ángulo pq, el número de aquellas direcciones valdrá, por lo menos 3; luego el poliedro tendrá 3 ó más ejes binarios, que serán los radios de un n-gono regular.

Las rectas ilimitadas, que contienen a estos radios, dividen a su plano en ángulos iguales y agudos, cuyo número es siempre par y mayor que 4, pues vale n o $2n$, según que n sea par o impar, y en el primer caso es siempre $n > 4$. Si P O Q es uno de estos ángulos (fig. 10), su valor será $360^0 : 2m$, designando por m un número entero mayor que 2. Sean z la normal al plano P O Q en O, A un

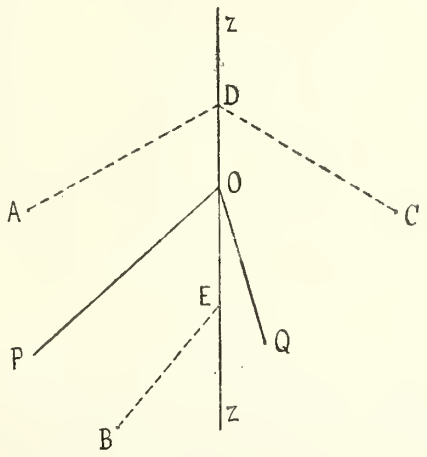


Fig. 10

punto cualquiera del poliedro dado, B el punto simétrico de A, respecto de O P; C el simétrico de B respecto de O Q; D la proyección normal de A sobre z; y E

el punto simétrico de D con relación a O. De esos supuestos, resultan las siguientes relaciones entre elementos homólogos, lineales, angulares o diédricos:

$$AD = BE = CD, \quad 90° = ADO = BEO = CDO, \quad AzP = PzB, \quad BzQ = QzC;$$

y por consiguiente,

$$AzC = AzB + BzC = 2PzB + 2BzQ = 2(PzB + BzQ) = 2PzQ = 2POQ = 360° : m;$$

luego $A\,z\,C = 360° : m$. Infiérese de esto que, si todo el poliedro gira alrededor de z un ángulo igual a $360° : m$, el semiplano zA coincidirá, en su nueva posición, con la primitiva del zC, D A tomará la dirección de D C (por ser rectos los ángulos en D) y A se situará en C, puesto que D A = D C. Así, a todo punto A del poliedro dado corresponde uno C del mismo, con el cual se confunde el primero, girando alrededor de z un ángulo igual a $360° : m$; luego z es un eje de simetría, del orden m, de aquel poliedro; y como es $m > 2$, la proposición queda demostrada.

10. *Todos los ejes de simetría de un poliedro concurren en un mismo punto.*

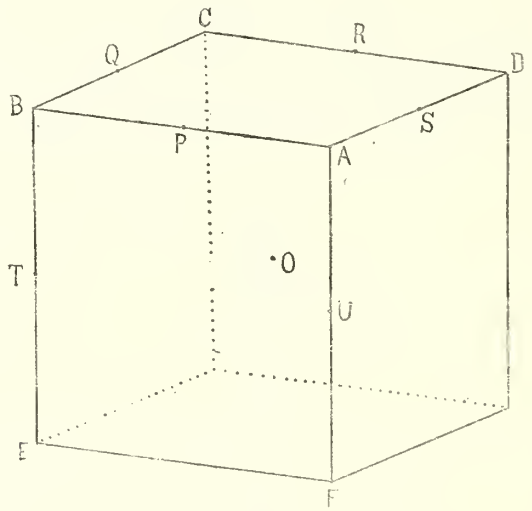


Fig. 11

Efectivamente, dos ejes cualesquiera a y b se cortan (7). Si ambos son binarios, la normal c a los dos en el punto de intersección en otro eje (8); y si alguno de los dos, el a, por ejemplo, no es binario, por aquel punto pasará un eje c homólogo de b respecto de a, y no situado en el plano ab. Luego, en ambos casos, existe, además de los dos ejes a y b, otro c; y los tres a, b y c no caen en un mismo plano, y concurren en un mismo punto. Todos los otros ejes, que posea

el poliedro dado, pasarán por dicho punto, porque (7) deberán cortar a los *a*, *b* y *c* que no yacen en un mismo plano.

11. *Si una figura posee un eje binario y otro ternario de un cubo, poseerá todos los otros ejes de este poliedro.*

Demostración. (Fig. 11). Sean O el centro del cubo, A B C D, y A B E F dos caras contiguas, P el medio de A B, Q el de B C, R el de C D, S el de D A, T el de B E, y U el de A F. Suponiendo que la figura dada posea el eje binario O P y el ternario O A, también poseerá los otros ejes del cubo. Efectivamente,

OS y OU son ejes binarios (como homólogos de OP, respecto del eje OA)
OB es eje ternario (como homólogo de OA, » » » OP)
OQ y OT son ejes binarios (como homólogos de OP, » » » OB)
OC es eje ternario (como homólogo de OB, » » » OQ)
OR es eje binario (como homólogo de OQ, » » » OC)
OD es eje ternario (como homólogo de OA, » » » OS)

Así, la figura dada posee los mismos ejes de 2.° y 3.er orden que el cubo; y sólo falta probar que posee también los de 4.°.

Por un punto J de la figura dada, hagamos pasar una superficie esférica de centro O; sus intersecciones A', B', C', D' (fig. 12) con las semirectas O A, O B, O C, O D son, respecto de la sección esférica, producida en aquella figura, centros de simetría ternarios; y los puntos medios P', Q', R', S' de los lados del

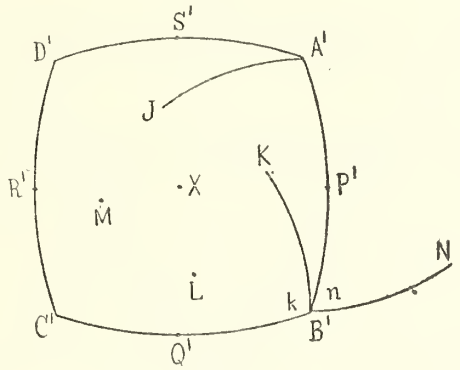


Fig. 12

cuadrilátero esférico regular A' B' C' D' centros binarios. Sean X el centro de dicho polígono regular, K, L, M los puntos homólogos de J respecto de X, y N el homólogo de J con relación al centro esférico binario P'; y podremos afirmar las siguientes relaciones entre distancias y ángulos esféricos (homólogos respecto de P' o de X): A'J = B'N, A'J = B'K, $j = n$, $j = k$; luego B'N = B'K, $n = k$ y áng. N B'K = áng. A'B'C' = 360°: 3. Las dos relaciones B'N = B'K y áng. N B'K = 360°: 3 muestran que K es homólogo de N respecto del centro

ternario B′. Ahora bien, el punto J pertenece a la figura dada; luego también pertenecerá su homólogo N, respecto de P′; y, por consiguiente, el homólogo K de N, con relación al centro B′. Y reiterando estos razonamientos, se deducirá, de la existencia de K en la figura dada, la de L, y de ésta la de M. Así, a todo punto J de dicha figura, corresponden en la misma, otros tres K, L, M simétricamente agrupados con el primero alrededor de X; luego X es un centro de simetría cuaternario de la sección esférica que venimos considerando; y, por tanto, O X, eje cuaternario del cubo, también lo es de la figura dada. Idénticos razonamientos son aplicables a los otros ejes cuaternarios.

12. I. *Si un poliedro tiene dos ejes* a *y* b *de un orden superior a 2, poseerá los mismos ejes que un tetraedro, un octaedro o un icosaedro platonianos; y no poseerá más.*

Demostración. Si los ejes *a* y *b* no son del mismo orden, prescindamos del *a*, y sustituyámoslo por una recta *c* homóloga de *b* respecto de *a* (que será diferente de *b*, porque *a* no es binario, y tendremos (6) dos ejes *b* y *c* del mismo orden.

Sabemos que estos dos ejes se cortan. Haciendo centro en su intersección O (fig. 13) describamos una superficie esférica, que pase por un punto interior al

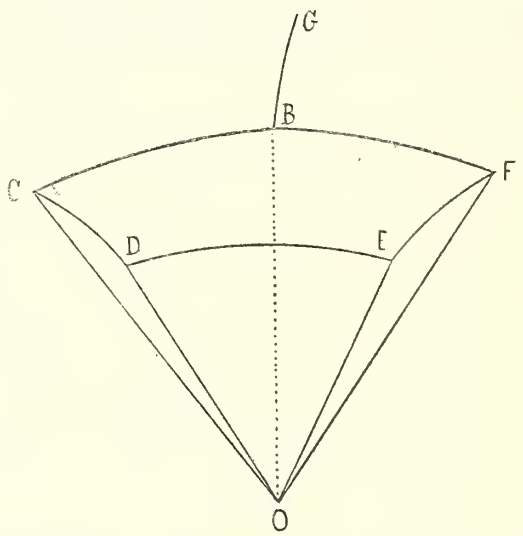


Fig. 13

poliedro dado, la cual cortará el eje *b* en dos puntos, y en otros dos al *c*. Si B es un punto del primer par, y C otro del segundo, B y C serán, respecto de la sección esférica, producida en el poliedro, centros de simetría del mismo orden 6 que *b* y *c*. El punto C y sus homólogos F, G,... respecto de B, son, a su vez, centros de simetría de aquella sección; y las rectas OF, OG,... ejes del poliedro, del

orden 6. Los arcos de círculo máximo BC, BF, BG,... que unen B con los del sistema de homólogos C, F, G, H,... son de igual longitud, y forman alrededor de B, 6 ángulos iguales C B F, F B G, G B H,... Construyendo, con arcos de círculo máximo, la línea equilátera B C D E... con sus ángulos D C B, E D C,... descritos en el mismo sentido, iguales a $360^{\circ}:6$, resultará una línea cerrada B C D E F, un polígono esférico regular, es decir, se recaerá sobre B; porque, de lo contrario, las rectas O B, O C, O D, O E,... (que son ejes de simetría) formarían una serie ilimitada; y el poliedro poseería infinidad de ejes de simetría, lo que es absurdo. Operando de igual modo que con el arco B C con todos sus homólogos B G, B F, respecto de B, se formarán, alrededor del punto B, 6 polígonos regulares idénticos al anterior; y reiterando esta serie de operaciones con todos los vértices de los polígonos que vayan derivándose, formaremos una red de polígonos, en la cual se volverá a recaer sobre alguno de los ya construídos; porque de lo contrario, el número de sus vértices sería ilimitado, lo mismo ocurriría con los radios de la esfera dirigidos a aquéllos (radios que son ejes de simetría del poliedro) y éste poseería infinidad de ejes de simetría, lo que es inadmisible. La red de los referidos polígonos será, por consiguiente, cerrada; y como son regulares e idénticos y se reúnen en número de 6 alrededor de cada vértice, los polígonos planos, que determinan, formarán un sólido regular *r*, y los radios de éste serán ejes de simetría, del orden 6, del poliedro dado. Si *r* es un cubo, sus 8 radios pertenecen a 4 rectas, que son ejes ternarios, no sólo del cubo, sino de cualquiera de los dos tetraedros platonianos que determinan sus vértices; y, así, podemos afirmar que los radios de algún sólido regular *s*, cuyas caras tengan un número impar de lados son, con el msimo orden que en *s* les corresponda, ejes de simetría del poliedro dado.

Demostremos, ahora, que éste, tiene también por ejes todos los otros del *s*, es decir, sus apotemas y las rectas que bisecan a dos aristas opuestas. Fijémonos nuevamente en la superficie esférica que ha intervenido en los razonamientos anteriores, y sea P un punto de la misma, perteneciente al poliedro propuesto. En el polígono esférico B C D E F, que antes considerábamos, representado ahora aparte en la figura 14, y cuyo número de lados supondremos ser *n*, márquese el centro X, y considerándolo como centro de simetría del orden *n*, hállense los homólogos Q, R, S, T de P; fórmense los triángulos esféricos C D U, B C V iguales al C B P; y podremos afirmar las relaciones siguientes entre distancias y ángulos esféricos homólogos de C o de X, o en triángulos iguales:

$$DU = PB = DR, \qquad UDC = PBC = RDE;$$
$$CQ = PB = CV, \qquad QCD = PBC = VCB;$$

luego

$$DU = DR, \qquad UDC = RDE, \qquad RDU = EDC = 360^{\circ}:6,$$
$$CQ = CV, \qquad QCD = VCB, \qquad QCV = DCB = 360^{\circ}:6.$$

Los dos pares de relaciones D U = D R y R D U = 360°: 6, C Q = C V y Q C V = 360: 6, enseñan que U y R son homólogos respecto del centro D del orden 6, y que también lo son Q y V con relación a C. Ahora bien, el punto P pertenece al poliedro dado; luego también pertenecerá su homólogo U, respecto de C; y, por consiguiente, el homólogo R de U con relación a D. Y, por idénticos razonamientos, se deducirá sucesivamente de la existencia de R en la figura dada, la de Q, y de ésta, a su vez, la de S; es decir, la de todos los puntos homólogos de P respecto de X (puesto que el orden del centro X es impar). El punto V (por ser homólogo de Q) pertenece también al poliedro dado, y es simétrico de P con relación al punto medio de B C, considerado como centro binario. De todo lo cual

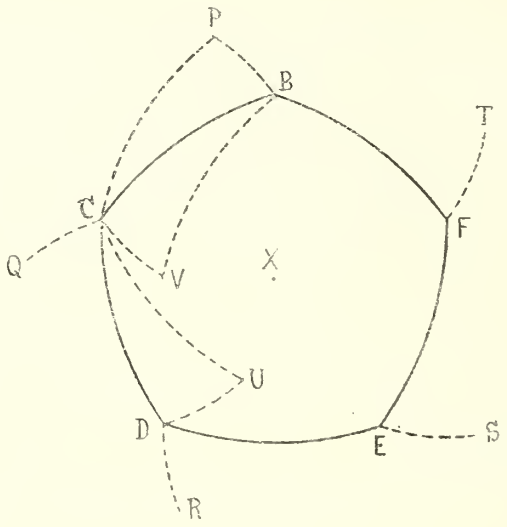


Fig. 14

se infiere que el radio O X de la esfera, dirigido al polo X del polígono esférico B C D E F es un eje de simetría del sistema de puntos P, Q, R, S, T, y su orden es el número n de lados de aquel polígono; y que el radio que biseca al arco B C, y también, por consiguiente a su cuerda, es un eje binario del par de puntos P y V. Así, pues, a cada punto P del poliedro dado, corresponden, en el mismo, otros $\alpha - 1$ puntos Q, R, S, T, agrupados simétricamente con el primero alrededor del radio O X, y además un punto V binariamente simétrico con relación al radio que biseca a la cuerda B C. Luego ambos radios son ejes de simetría de aquel poliedro. Y como, partiendo siempre del mismo punto P, se llegaría a la misma conclusión para otro lado cualquiera de la cara B C D E F, y para cualquiera otra cara del sólido regular que veníamos considerando, resulta que sus apotemas y las normales a sus aristas, dirigidas desde el centro, son, con el mismo orden que en aquél, ejes de simetría del poliedro dado.

Queda, pues, establecido que éste posee los mismos ejes que alguno de los sólidos regulares cuyas caras tengan un número impar de lados; y por tanto, los mismos que un tetraedro, un octaedro o un icosaedro platonianos.

Y no tiene más. Efectivamente, si poseyera otro eje *h* distinto por su posición o por su orden de los que ya posee en un poliedro platoniano *s* de 4, 8 ó 20 caras, éste no se hallaría en coincidencia con su homólogo *s'* respecto de *h*, si *h* era binario, o con alguno de sus homólogos, si el orden de *h* era superior a 2; y así, algún radio O E de *s'* (fig. 15) cortaría a alguna cara B C D del *s*, internamente o en su orilla, pero no en un vértice; y designando por O el centro de *s*, que también lo sería de *s'*, podríamos razonar del modo siguiente.

1.° Si el sólido platoniano *s* es un icosaedro, serán O B y O E, en el poliedro dado, ejes de simetría quinarios, y existirá (según hemos visto al principio

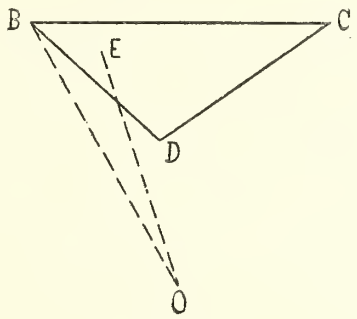


Fig. 15

de la demostración) un poliedro regular de arista B E y ángulos pentaláteros convexos, el cual, por consiguiente, será o un icosaedro convexo o un dodecaedro de caras estrelladas: en el primer caso, debería ser B E = B C; y en el segundo, B E > BC; conclusiones, ambas, inadmisibles, por ser B E < B C.

2.° Si el sólido platoniano *s* es un octaedro, serán O B y O E, en el poliedro dado ejes de simetría cuaternarios; y existirá un sólido regular de arista B E y ángulos cuadriláteros, o sea un octaedro; y esto es imposible, porque, en tal caso, debería ser B E = B C, y es B E < B C.

3.° Finalmente, si el sólido platoniano *s* es un tetraedro A_1 B C D (fig. 16) sus ejes ternarios son los mismos que los del cubo cuyos vértices son los A_1, B, C, D y sus opuestos A, B_1, C_1, D_1. Si, además de los ejes del tetraedro *s*, el poliedro dado posee algún eje binario o cuaternario de aquel cubo, poseerá todos los de éste (11); y por tanto, todos los de un octaedro conjugado, que son los mismos; y (2.°) ninguno más. Pero si poseyera otro eje *h* distinto de los anteriores, por su orden o su situación, la figura *c'* homóloga del cubo A B C D A_1 B_1 C_1 D_1 respecto de *h*, si *h* era binario, o alguna de sus homólogas, si el orden de *h* era superior a 2, no coincidiría con aquel cubo; y, así, algún radio OE de *c'* cortaría

a una cara A B C_1 D del cubo A B C D A_1 B_1 C_1 D_1, internamente o en su orilla, pero no en su vértice. Entre las cuatro distancias E A, E B, E C, E D, se podrá escoger una menor que A B, y suponiendo que lo es B E, podremos razonar del modo siguiente: O B y O E serán ejes de simetría ternarios del poliedro dado, y existirá, por consiguiente un sólido regular de centro O y arista B E, el cual, por lo tanto, deberá ser o un tetaedro (imposible, porque B E < B D) o un cubo) absurdo to, deberá ser o un tetraedro (imposible, porque B E < B D o un cubo) absurdo

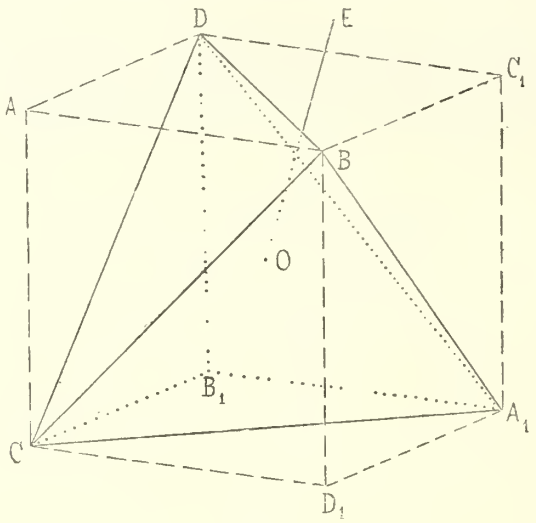


Fig. 16

también, porque B E < A B) o, en fin, (único caso admisible) un dodecaedro convexo o estrellado, cuyos ejes coincidirán con los de un icosaedro platoniano. Todos estos ejes, y por consiguiente, ninguno más (1.°), pertenecerán al poliedro dado, y entre ellos deberán figurar forzosamente el *h* y los del tetraedro *s*. Luego, en resumen, el poliedro dado no tendrá más ejes que los del tetraedro regular *s* o los de un octaedro o un icosaedro platonianos.

La proposición queda demostrada.

II. Como un poliedro regular de 8 caras tiene los mismos ejes que otro de 6; y uno de 20 los mismos ejes que otro de 12, podemos también afirmar que *si un poliedro tiene dos ejes no binarios, poseerá los mismos ejes que un tetraedro, un exaedro o un dodecaedro platonianos; y no poseerá más.*

III. POLÍGONOS DETERMINANTES

13. Un poliedro arquimédico se llamará *uniforme* o *biforme,* según que tenga todos sus ángulos sólidos iguales o los tenga de dos clases: unos iguales, y los otros simétricos de los primeros, pero no superponibles con ellos.

Se dirá que un poliedro arquimedico es *armónico,* cuando coincide consigo mismo al colocarlo de manera que uno cualquiera de sus ángulos sólidos coincida con otro cualquiera de sus iguales. Esta circunstancia se cumplirá evidentemente, cuando un ángulo sólido, con las caras poligonales que lo forman, determine, sin cambiar de posición, un solo poliedro arquimédico. En el caso de que determine dos o más, admitiremos que uno de ellos, por lo menos, es armónico. Cuando éste nos sea conocido, podremos deducir de él todos los otros, dislocando las partes no comunes y colocándolas en una nueva situación conveniente. Por lo tanto, la investigación de los poliedros arquimédicos se reduce a la de aquellos que son armónicos, y es la que desde luego vamos a efectuar.

Si un poliedro arquimédico armónico, se coloca de manera que un ángulo sólido A coincida con otro de sus iguales A′, coincidirá todo el poliedro consigo mismo, y sus diferentes vértices B, C, D,... en sus nuevas posiciones se situarán respectivamente en las primitivas B′, C′, D′,... de otros vértices; los dos sistemas de puntos A, B, C,... y A′, B′, C′,... son, pues, iguales; y, así, podemos considerar el poliedro arquimédico armónico como compuesto de otros dos coincidentes; en los cuales son homólogos dos vértices A y A′ de ángulos sólidos iguales: a toda línea de aristas, que pase por A, y en general a toda figura que contenga al punto A y pertenezca al poliedro, corresponde, en éste, otra figura igual que contiene a A′; y respecto de ellas son A y A′ puntos homólogos. Es de advertir que, si el ángulo sólido A puede ser descompuesto en n partes superponibles, mediante cortes a lo largo de n aristas, la superposición de los ángulos sólidos A y A′ se logrará de n modos; y que, por consiguiente, podrá considerarse el poliedro como compuesto de otros n iguales y coincidentes, que tengan A y A′ por puntos homólogos.

De las precedentes consideraciones, se infiere que, si en los ángulos sólidos iguales A y A′ del poliedro arquimédico armónico son homólogas las aristas A B y A′ B′, en los B y B′ también lo serán las B A y B′ A′. Admitiremos que esta propiedad se cumple también, cuando los ángulos sólidos A y A′ no son iguales sino simétricos. De la admisión de este principio se deduce que, si en un poliedro arquimédico armónico y biforme, A y A′ son vértices de ángulos sólidos simétricos, a toda línea A B C D..., compuesta de aristas, corresponde otra simétrica A′ B′ C′ D′... de la misma naturaleza; y que, por tanto, a todo sistema de vértices A, P, Q,... corresponde otro simétrico, constituído por vértices A′, P′, Q′,... de ángulos sólidos respectivamente simétricos de los anteriores. En particular los vértices de todos los ángulos iguales constituyen un sistema simétrico del que forman todos los demás; y el número de los primeros es, por tanto, igual al de los segundos.

14. Diremos que, en un poliedro arquimédico, dos vértices A y B son *recíprocos,* cuando colocando el poliedro de manera que el ángulo sólido A coincida en su nueva posición con la primitiva del B, la nueva del B coincide, a su vez, con la primitiva del A. En tal caso, el poliedro posee un eje de simetría binario,

respecto del cual son A y B puntos homólogos. Es de advertir que, si el ángulo A se compone de dos o más partes superponibles, su coincidencia con su igual B podrá lograrse de dos o más modos; y que, por consiguiente, A y B podrán considerarse o no como recíprocos, según el modo con que se los haga coincidir.

En todo poliedro arquimédico, siempre es posible escoger, entre sus ángulos sólidos iguales, dos vértices no recíprocos.

Demostración. (Fig. 17) 1.° Si el poliedro es uniforme, los extremos de una arista A B común a dos caras desiguales A B C D E y A B F G son vértices no recíprocos; porque, en los ángulos sólidos A y B, A B y B A no pueden ser aristas homólogas, por ser simétricos y no iguales los triedros A E B G y B C A F.

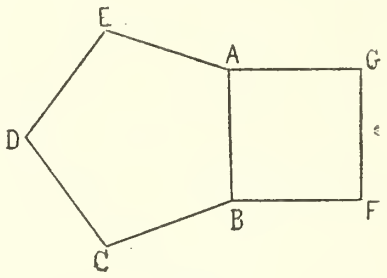


Fig. 17

2.° Si el poliedro arquimédico es biforme, sus ángulos sólidos iguales son tantos como sus simétricos; y tendrá, por lo menos, tres de cada clase.

Si tuviera 3 solamente, y dos cualesquiera fueran recíprocos, formarían un triángulo equilátero A B C, sus alturas serían ejes binarios del poliedro, y también, por lo tanto, del triángulo A′ B′ C′ formado por los vértices de los otros tres ángulos sólidos simétricos de los primeros; luego A B C y A′ B′ C′, y por consiguiente todo el poliedro estarían en un mismo plano, lo que es inadmisible.

Si el poliedro arquimédico biforme poseyera solamente 4 ángulos sólidos iguales A, B, C, D, y dos cualesquiera de estos vértices fueran recíprocos, tendría por ejes binarios las dos rectas que en el cuadrilátero A B C D bisecan a cada par de lados opuestos (que resultarían iguales), y también, por consiguiente (8 y 9) a la normal a dichas rectas en su punto O de concurso. Los otros 4 vértices A′, B′, C′ D′ de los ángulos sólidos simétricos de los anteriores, deberían formar una figura simétrica A′ B′ C′ D′ y con los tres mismos ejes; luego A′ B′ C′ D′ o coincidiría con A B C D (lo que es inadmisible, pues en tal caso el sólido arquimédico sólo tendría 4 vértices) o sería simétrico del A B C D; pero esto tampoco es posible: efectivamente, si los puntos A, B, C, D estuvieran en un mismo plano, en él estarían también sus simétricos A′, B′, C′, D′, y por consiguiente todo el poliedro; y si A, B, C, D no cayeran sobre un plano, estos puntos y sus simétricos A′, B′, C′, D′ respecto de O, serían los vértices de un paralelepípedo; con-

clusión absurda, pues es fácil ver que con tales vértices no existe ningún poliedro arquimédico.

En fin, si este cuerpo, que suponemos biforme, posee 5 o más ángulos sólidos iguales, no es posible que uno de sus vértices A sea recíproco de todos los otros. Efectivamente, si lo fuera de cuatro B, C, D, E, poseería cuatro ejes binarios, mediatrices de los segmentos rectilíneos A B, A C, A D, A E; entre estos cuatro, habría por lo menos dos oblicuos; la normal común a los dos en su punto de concurso (9) sería un eje de simetría de un orden α superior a 2; y haciendo girar todo el poliedro alrededor de dicho eje un ángulo de $360° : \alpha$, todo vértice P y su nueva situación Q no serían recíprocos.

15. En un poliedro arquimédico armónico, escojamos dos vértices A y B de ángulos sólidos iguales, que no sean recíprocos; y coloquémoslo de manera que el ángulo A coincida con la primitiva situación del B. Entonces el poliedro, por ser armónico, se confundirá consigo mismo, y B en su nueva situación (por no ser recíproco del A) no se colocará en A, sino en otro vértice C. La nueva situación de éste no será la primitiva del B, sino otra D; y la que éste adquiera, no la C, sino otra E, y así sucesivamente. En la serie de vértices A, B, C, D, E,... que, así, se obtengan, habrá, por fin uno K cuya nueva situación será la primitiva de A. El polígono A B C...K resultará regular, y diremos que es un polígono *determinante* correspondiente a la pareja de vértices A y B. Si el ángulo sólido A se compone de dos o más pates superponibles, la coincidencia del A con el B puede lograrse de dos o más modos, y a cada uno de ellos (menos para el que convierta a A y B en recíprocos, si lo hay) corresponder a la pareja A B distinto polígono determinante, no sólo por su situación, sino por su número de lados o por su especie. En tal caso, esta multiplicidad de soluciones desaparece, imponiendo la condición de que una arista *a*, escogida en A, coincida con una *b* escogida también en B entre las varias homólogas de *a*.

Consideremos en el poliedro arquimédico armónico todas las parejas de ángulos sólidos A′ B′, A″ B″,... homólogas de la A B; y si A se compone de partes superponibles, todas las figuras $a'A'b'B'$, $a''A''b''B''$,... homólogas de $a\,A\,b\,B$: todos los polígonos determinantes que de estas parejas o figuras se derivan, y a los cuales daremos la denominación de *isógenos*, son idénticos; porque dos cualesquiera, si se derivan de parejas iguales (y entonces diremos que son *acordes*) coincidirán al mismo tiempo que aquéllas; y si son *discordes*, es decir, si proceden de dos parejas simétricas; serán, a su vez, simétricos, y, por tanto, iguales. Por cada vértice del poliedro pasará un solo polígono determinante idéntico al ocasionado por A B, si el ángulo A no consta de partes superponibles; pero pasarán dos o más, en el caso contrario; porque, en el primer supuesto, en cada vértice empieza un solo segmento homólogo del A B, mientras que, en el segundo, empiezan varios.

Todo poliedro arquimédico armónico posee, por lo menos, dos polígonos determinantes. Efectivamente, posee uno, que es el originado por una pareja de

vértices A y B no recíprocos (14). Además, no es posible que este polígono y todos sus isógenos sean uno mismo, (pues entonces el poliedro sería plano); luego su número será, por lo menos, dos.

Los ángulos de un polígono determinante A B C D E (fig. 18) pueden considerarse como elementos homólogos del poliedro; y entonces serán homólogos no sólo por su longitud y lugar, sino también por su dirección, los lados A B, B C, C D, D E, y E A, descritos sobre el contorno del polígono en un mismo sentido; pero no lo serán, en general, si se atiende a su dirección, dos lados como A B y

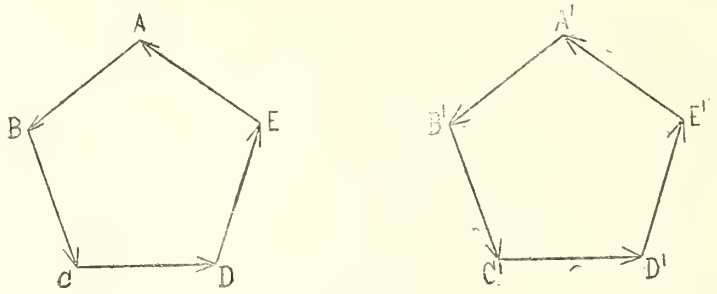


Fig. 18

D C recorridos en sentidos contrarios. Dos polígonos determinantes isógenos A B C D E y A′ B′ C′ D′ E′, de α lados, pueden considerarse como líneas homólogas del poliedro, de α maneras: si adoptando A para homólogo de A′ resulta B (y no E) el homólogo de B′, diremos que las direcciones A B C D E y A′ B′ C′ D′ E′, (indicadas por las flechas o por el orden alfabético) son del mismo sentido, mientras que las A B C D E y E′ D′ C′ B′ A′ son de sentido contrario.

Un poliedro arquimédico armónico se confunde consigo mismo, cuando se lo coloca de manera que, en su nueva posición, coincidan dos polígonos determinantes isógenos y acordes, con tal que después de la coincidencia posean idéntico sentido; pero no puede afirmarse lo mismo, si poseen sentido contrario.

Un poliedro arquimédico armónico no coincide consigo mismo, cuando se lo coloca de modo que, en su nueva posición, coincidan dos polígonos determinantes isógenos, pero discordes; porque cada dos vértices de los polígonos que, de esta manera, se confunden, no corresponden a ángulos iguales, sinò simétricos.

16. (Figs. 19 y 20). *El eje de un polígono determinante* A B C D E, *esto es, la normal* n *a su plano en su centro* O, *es un eje de simetría del poliedro arquimédico, y su orden es el número* α *de lados del polígono.*

Porque, haciendo girar todo el poliedro alrededor de *u* un ángulo igual al *h* que forman dos radios consecutivos, que vale $360° : \alpha$, coincidirá un ángulo sólido A con otro B (fig. 19) o D (fig. 20) y por tanto, el poliedro consigo mismo; luego, en éste, es *n* un eje de simetría del orden α.

17. *Si dos polígonos determinantes yacen en un mismo plano, son concéntricos.*

Porque si no lo fueran, el poliedro a que pertenecen poseería dos ejes de simetría no secantes (las normales en los centros de ambos polígonos a su plano común) lo que es inadmisible (7).

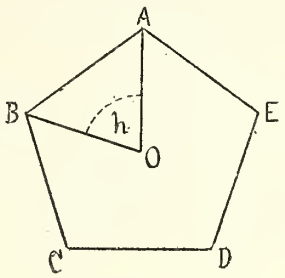


Fig. 19

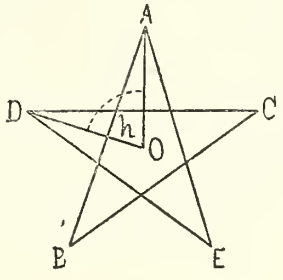


Fig. 20

18. Dos polígonos isógenos A B C D y A′B′C′D′ (cuyos elementos homólogos son A y A′, B y B′,...) situados en un mismo plano o en planos paralelos, pueden ser del mismo sentido, como los de la figura 21, o de sentidos contrarios, como los de la figura 22.

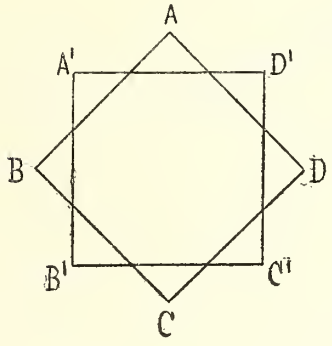


Fig. 21

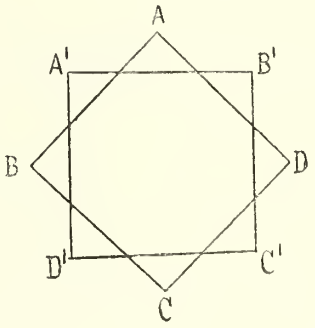


Fig. 22

(Fig. 23). *Si dos o más polígonos isógenos y acordes* A B C D, A′B′C′D′, A″B″C″D″, *yacen en un mismo plano, y poseen el mismo sentido, sus vértices forman un solo polígono determinante.*

Efectivamente, el grupo de dichos polígonos — que (17) son concéntricos — y por lo tanto el poliedro, coinciden con ellos mismos, haciéndolos girar alrededor de su eje común, hasta que el radio O A vaya a situarse sobre el consecutivo O A′; y como esta afirmación es aplicable a dos radios consecutivos cualesquiera, se in-

fiere que los vértices de A B C D, A′B′C′D′,... forman un solo polígono determinante.

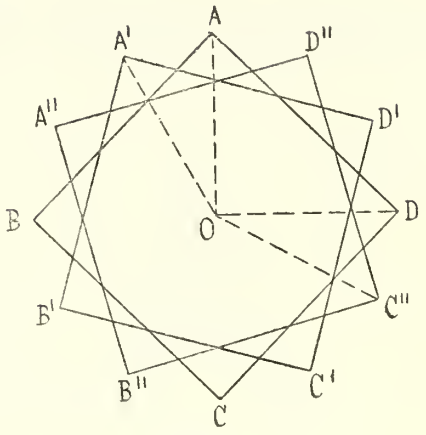


Fig. 23

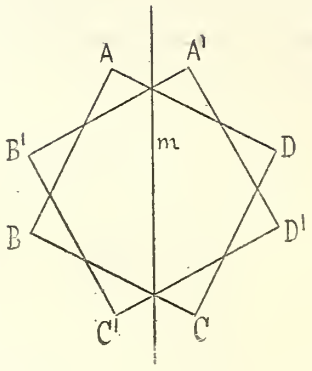


Fig. 24

19. (Fig. 24.) *Si dos polígonos isógenos y acordes* A B C D y A′B′C′D′ *yacen en un mismo plano y poseen sentidos contrarios, todo eje binario de la figura constituída por ambos, es también un eje binario del poliedro arquimédico.*

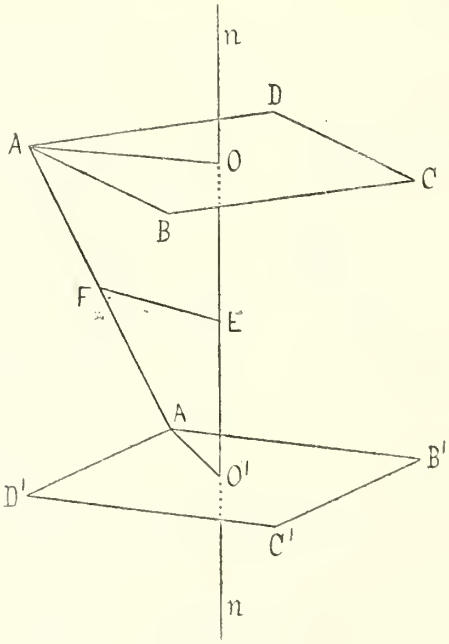


Fig. 25

Efectivamente, si por ejemplo, se trata de la recta *m* dirigida desde el centro normalmente a A A′, imprimiendo a toda la figura una rotación de 180° alrededor

de *m*, A B C D en su nueva posición coincidirá con la primitiva de A'B'C'D', y adquirirá su mismo sentido; y, por tanto, el poliedro habrá coincidido consigo mismo, y tendrá a *m* por eje binario de simetría.

20. (Fig. 25.) *Si dos polígonos isógenos y acordes* A B C D y A'B'C'D', *que yacen en distintos planos, poseen un mismo eje* n *y son de señtidos coñtrarios, cada vértice del uno es recíproco de cualquier vértice del otro.*

Demostremos, por ejemplo, que A y A' son recíprocos. Sean O y O' los centros de los dos polígonos, E el punto medio de O O', y F el de A A'. Respecto del eje binario E F, son simétricos los polígonos A B C D y A'B'C'D', por serlo sus planos y sus radios O A y O A'; luego, mediante un giro de 180° alrededor de E F, cada uno de esos polígonos adquirirá en su nueva posición la primitiva del otro y su mismo sentido; y, por tanto, coincidirán el poliedro arquimédico consigo mismo, y cada uno de los dos ángulos sólidos A y A' con la primitiva posición del otro; luego los vértices A y A' son recíprocos.

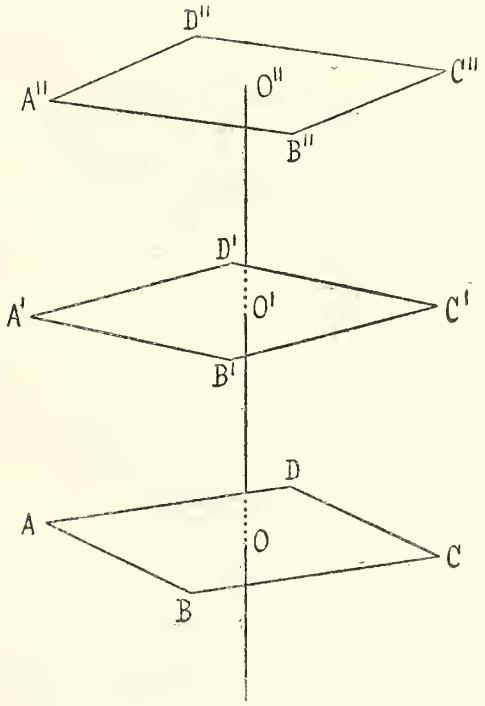


Fig. 26

21. (Fig. 26.) *Dos polígonos isógenos y acordes* A B C D y A'B'C'D' que *yacen en distintos planos y tienen su eje común, no pueden ser del mismo sentido.*

Efectivamente, si O y O' son sus centros, llévese, sobre el eje, O O' = O'O'' = O'' O''' = ... Colocando el poliedro de modo que el polígono A B C D vaya

a ocupar la misma posición y sentido que el A′ B′ C′ D′, éste, a su vez, ocupará una nueva posción A″ B″ C″ D″ (de centro O″) que también pertenecerá al poliedro. Operando de igual modo con estos dos últimos polígonos, se obtendrá otro A‴B‴C‴D‴, de centro O‴; y luego otro, de centro O^{IV}; y así sucesiva e indefinidamente. Y como todos los vértices de estos polígonos pertenecerían al poliedro, éste constaría de infinidad de vértices, lo que es inadmisible. Luego los dos polígonos A B C D y A′ B′ C′ D′ no pueden ser del mismo sentido.

22. *Tres polígonos isógenos y acordes* a, b, c, *que yacen en distintos planos, no pueden tener un eje común.*

Efectivamente, si lo tuvieran, *a* y *b* deberían ser de sentidos contrarios; y *c*, por consiguiente, del mismo sentido que *a* o *b*, lo que (22) es imposible.

23. *Si dos polígonos determinantes no están en un mismo plano ni en planos paralelos, el poliedro arquimédico tiene los mismos ejes que uno platoniano; y no tiene más.*

Porque los ejes principales de aquellos dos polígonos son ejes no binarios del poliedro arquimédico (12).

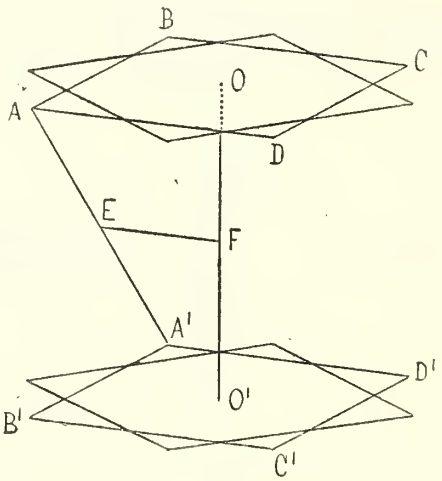


Fig. 27

24. *Para todo sistema de polígonos isógenos, existe una esfera que los toca a todos en sus centros.*

Demostración. Puede ocurrir que todos esos polígonos posean o no el mismo eje.

I. En el primer caso, si los polígonos son dos solamente, pertenecerán a dos planos distintos; y lo mismo ocurrirá, si los polígonos son más de dos y todos acordes, pues no pueden pertenecer a más de dos planos (22), ni a uno solo, pues entonces sobre éste yacerían todos los vértices del poliedro.

Si, en el mismo supuesto de un eje común, son más de dos los polígonos isó-

genos, y no todos acordes, los que lo sean yacerán en un solo plano o en dos. Si yacen en uno solo, el grupo de los discordes con aquéllos yacerá en otro plano, puesto que debe formar una figura simétrica con el grupo de los primeros. Y, si dos polígonos acordes A B C D y A′ B′ C′ D′ (fig. 27) se hallan en planos diferentes, serán de sentidos contrarios (21); y si O y O′ son sus respectivos centros, la mediatriz E F de los segmentos rectilíneos A A′ y O O′ será un eje binario del poliedro; el sistema de todos los polígonos acordes y el de todos los isógenos discordes con aquellos, son figuras simétricas por su forma; y como además deben poseer los mismos ejes O O′ y E F que el poliedro arquimédico, el segmento rectilíneo homólogo de O O′ será el mismo; y, por consiguiente, sobre los dos planos del primer sistema estarán los polígonos del segundo.

Luego, en todos los casos, los polígonos isógenos, si poseen el mismo eje, están en dos planos diferentes; y como las intersecciones O y O′ de estos con el eje son respectivamente centros de todos los polígonos situados en cada plano, se infiere que todos los isógenos tocan en sus centros a la esfera de diámetro O O′.

II. Consideremos ahora el caso en que todos los polígonos isógenos no poseen el mismo eje; y hay dos, por consiguiente, que poseen ejes distintos. Si N

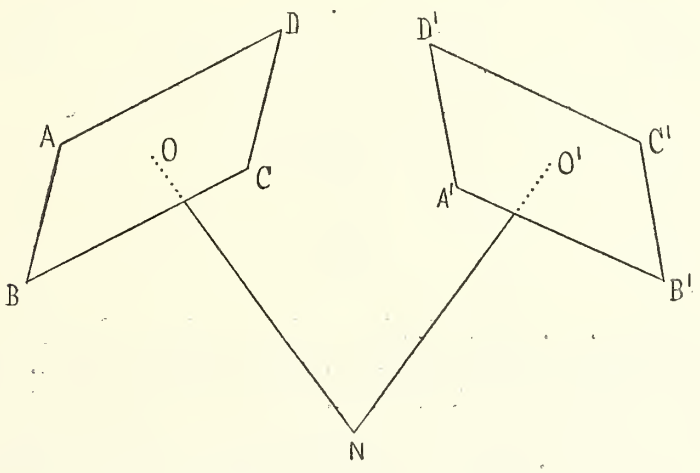


Fig. 28

es su punto de intersección (fig. 28), en él concurrirán todos los ejes del poliedro (10). Sean A B C D y A′ B′ C′ D′ dos polígonos isógenos acordes y O y O′ sus respectivos centros, con lo cual N O y N O′ serán sus ejes. Colocando el poliedro de manera que un ángulo sólido A, coincida con su igual A′, coincidirán los polígonos A B C D y A′ B′ C′ D′, y también sus ejes N O y N O′; el punto N no cambiará de lugar; porque, si su nueva situación fuera otra, P, distinta de la N, todos los ejes del poliedro deberían concurrir en dos puntos N y P, lo que es absurdo. Dedúcese de esto, que O′ N coincidirá con O N, y que, por tanto O N

= O′ N. Así, las distancias de N a los centros de dos polígonos acordes cualesquiera son iguales; luego todos los polígonos acordes tocan en sus centros a una esfera de centro N y radio O N.

Si el poliedro es biforme, el grupo de todos los polígonos acordes y el de los isógenos discordes de los primeros son figuras simétricas por su forma, con los mismos ejes, en las que el punto N es homólogo de sí mismo; luego los polígonos del segundo distan del punto N lo mismo que los del primero; y todos ellos, por consiguiente, tocan en sus centros a una misma esfera de centro N y radio O N.

25. *Todo poliedro arquimédico armónico es inscriptible en una esfera; y los remates de todas las aristas que empiezan en un mismo vértice, están sobre una circunferencia.* (*)

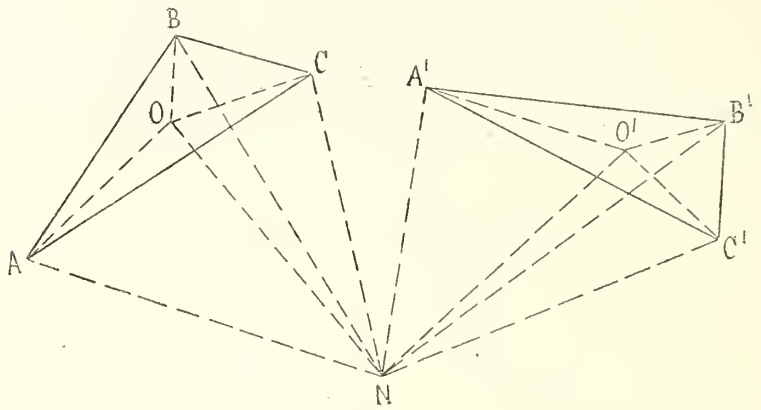


Fig. 29

Demostración. 1.° (Fig. 29). Si N es el centro de la esfera que toca a todos los polígonos isógenos A B C, A′ B′ C′,... en sus centros O, O′,... serán iguales los triángulos N O A, N O A′, N O B,... por tener sus dos catetos respectivamente iguales. Y, de la igualdad de esos triángulos, se sigue la de sus hipotenusas N A, N A′, N B,...; luego la esfera de centro N y radio N A pasa por todos los vértices del poliedro arquimédico.

2.° Los segundos extremos P, Q, R,... de todas las aristas que empiezan en un mismo vértice A, equidistan de A y también del centro N de la esfera circunscrita al poliedro; y caen, por consiguiente, sobre una circunferencia que tiene por eje de revolución la recta A N.

(*) Estas propiedades también son aplicables a los poliedros arquimédicos inarmónicos, según puede comprobarse con los dos únicos existentes, que se describen más adelante en el párrafo 33-III.

IV. NOMENCLATURA Y NOTACIÓN

26. Si sobre las caras de un cubo y de un dodecaedro platoniano, consideradas como bases, construimos, externamente, pirámides regulares cuyos triángulos corten normalmente en sus bases a los respectivos ejes binarios de aquellos cuerpos, se forman dos *romboedros,* es decir, dos sólidos terminados por rombos: uno con 12 caras y con 30 el otro; y ambos con los mismos ejes de simetría que el sólido regular de donde se derivan.

Sabemos que todo poliedro arquimédico armónico posee los mismos ejes que uno regular o un solo eje no binario. En los primeros, si no son de ángulos pentaédricos, se observa que agrupando sus caras homólogas se obtienen solamente dos o tres grupos, tales que las de cada grupo están sobre un romboedro o sobre un poliedro regular o son respectivamente paralelas a las caras de éste y se cortan e nsu centro. Los dos o tres poliedros en que yacen las caras del arquimédico, o en cuyo centro se cortan, poseen los mismos ejes. Para designar los poliedros arquimédicos, de ángulos no pentaédricos, y con más de un eje no binario, seguiré en general el criterio adoptado por Kepler en algunos casos, que consiste en emplear denominaciones que indiquen las situaciones de los diversos grupos de caras homólogas. Así, uno de aquellos sólidos se llamará *cubo-octaedro,* si posee grupos de caras respectivamente situadas en estos dos cuerpos; *rombo cubo-octaédrico,* si además posee caras situadas en un romboedro; *cubo hemi-octaédrico,* si unas caras yacen sobre un cubo, y las otras pasan por su centro y son respectivamente paralelas a las de un octaedro; y análoga significación hay que atribuir a las denominaciones *bi-dodecaedro, rombo bi-dodecaédrico,* etc. Se forma así, el nombre genérico: el específico lo formaré con los calificativos *tri-octogonal, penta-exagonal,* etc., que indiquen de cuántos lados se componen las diversas clases de caras.

27. Con relación a los poliedros arquimédicos, emplearé las siguientes notaciones.

Los números de caras, de vértices y de aristas los designaré respectivamente por c, v y a; y el de caras p-gonales por c_p, o por c'_p, c''_p.... para indicar que dichas caras son de 1.ª 2.ª... especie.

Con la letra k expreso la *conexión* del poliedro, es decir, el número positivo definido por la relación $k = 3 + a - c - v$, que vale 1 si el poliedro es euleriano.

El ángulo sólido formado por un pentágono convexo, o de primera especie, otro de segunda y dos exágonos no contiguos, lo designaré con cualquiera de estos símbolos:

$$\textit{áng.}\ 6.5_1.6.5_2, \quad \textit{áng.}\ 5_2.6.5_1.6, \quad \textit{áng.}\ 5_1.6.5_2.6, \ldots\ldots;$$

y notaciones análogas para los otros ángulos.

Cuando la superficie del ángulo sólido se corte a sí misma, las caras no contiguas, que se atraviesan, las indicaremos con una rayita colocada en la parte superior del número que designa la cara poligonal correspondiente. Así, en el áng. $\bar{3}\cdot 5_2\cdot\bar{3}\cdot 3\cdot 3$, se cortan los triángulos contiguos a las caras pentagonales.

V.—Poliedros arquimédicos armónicos con un solo eje no binario

28. (Fig. 30.) Todo poliedro de esta naturaleza tiene sus vértices situados en dos planos únicos α y 6, normales al referido eje; porque los planos de todos sus polígonos determinantes isógenos no pueden ser uno mismo (pues entonces el poliedro sería plano) y deben ser, a causa de la hipótesis, normales al eje común y

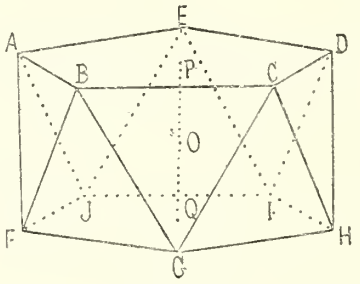


Fig. 30

equidistantes del centro O de la esfera circunscrita. Si P y Q son, respectivamente las intersecciones de los planos α y 6 con el eje no-binario del poliedro, será O el medio de P Q, e iguales, por consiguiente, las distancias de P a los vértices A, B,... situados en α, y las de Q a los F, G... situados en 6. Una cara del poliedro, que no tenga todos sus vértices en uno solo de los dos planos α y 6, constará de 3 ó 4 lados, porque no pueden tener más de dos vértices en cada uno de dichos planos. Examinemos separadamente ambos supuestos.

1.° (Fig. 31) Si el poliedro posee una cara triangular B C G con su vértice G en 6 y su base B C en α, poseerá otras dos caras triangulares B F G, C H G con sus vértices B y C en α y sus bases en 6; porque G, B y C son puntos homólogos y en la circunferencia F G H I no pueden existir más de dos puntos equidistantes de B o de C. Resulta, pues, que en el ángulo sólido G del poliedro buscado concurren tres triángulos equiláteros G F B, G B C, G C H y otro polígono regular; y que, por tanto, dicho poliedro, al que llamaremos *obelisco arquimédico,* se compone de diversos triángulos equiláteros, que concurren de tres en tres en cada vértice, y dos polígonos regulares iguales A B C D E, F G H I J, que son sus bases, con el mismo eje. Si la base consta de n lados, y su especie es ε, los elementos del poliedro, según la notación convenida, son los siguientes:

áng. $3.3.3.n_\varepsilon$, $c_3 = 2n$, $c_n = 2$, $c = 2n + 2$, $v = 2n$, $a = 4n$, $k = 1$.

Existe una serie ilimitada de obeliscos arquimédicos; y pueden clasificarse en tres grupos: los convexos; los que sin serlo, poseen ángulos sólidos convexos y bases estrelladas; y los no convexos de ángulos sólidos plegados de la forma $\overline{3}.3.\overline{3}.n_\varepsilon$, Para que estos últimos existan, es necesario y suficiente que el ángulo de la base valga menos que uno de triángulo equilátero, o lo que es equivalente, que $3\varepsilon > n$, lo cual exige que la base sea estrellada.

2.° (Fig. 31). Si el poliedro posee una cara cuadrada A J G F, resultan iguales las respectivas distancias de P y Q a A E y F G; y, por consiguiente, es A F normal a los planos α y 6. Entre las aristas del ángulo sólido A, A F es la única terminada en 6, por ser A F menor que la distancia de A a los otros vértices 6, H,... situados en 6. Las otras aristas que parten de A, están, por consiguiente, en el plano α ; su número no puede exceder a 2, porque en la circunferencia A B

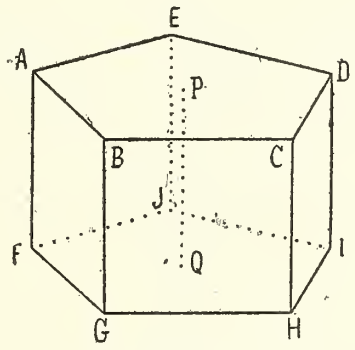


Fig. 31

C D E no existen más de dos puntos aquidistantes de A. Dedúcese de esto, sucesivamente, que el ángulo sólido A, del que ya conocíamos dos aristas A F y A E, es triédrico; que su tercera arista A B es normal a A F; que las tres caras concurrentes en A son los cuadrados A F J E, A F G B y otro polígono regular; y, finalmente, que el poliedro buscado, al cual llamaremos *prisma arquimédico,* es un prisma regular de aristas iguales. Sus elementos, si la base es *n*-gonal y de especie ε, son los siguientes:

áng. $4.4.n_\varepsilon$, $c_4 = n$, $c_n = 2$, $c = n + 2$, $v = 2n$, $a = 3n$, $k = 1$.

Existen dos series ilimitadas de primas arquimédicos: los convexos y los que no lo son, por tener sus bases estrelladas.

VI.—Situación de los vértices de un poliedro arquimédico, armónico y uniforme

29. Existe un poliedro arquimédico con los mismos vértices que un octaedro regular A B C D E F (fig. 32): sus caras son los tres cuadrados A C D F, ABDE y BCEF, determinados por cada dos aristas opuestas y los cuatro triángulos alternos A B C, C E D, D F B y F A E. En cada vértice se reunen dos tri-

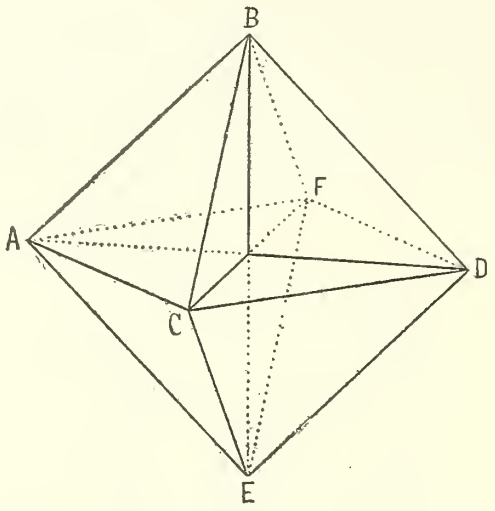


Fig. 32

ángulos y dos cuadrados, formando un ángulo sólido plegado. Los otros cuatro triánglos alternos, con los mismos tres cuadrados, forman, a su vez, un poliedro arquímédico idéntico al anterior. Daremos a este cuerpo el nombre de *tetraedro hemi-cúbico.*

30. *Un poliedro arquimédico armónico y uniforme, que posea dos ejes no binarios, tiene sus vértices sobre las caras (no prolongadas) de un tetraedro regular, de un cubo o de un dodecaedro platoniano, formando polígonos regulares iguales, concéntricos y semejantes con ellas, e igualmente situados respecto de las mismas.*

Demostración. El poliedro arquimédico posee, a causa de la hipótesis, los mismos ejes que un poliedro platoniano *s* de 4, 6 ó 12 caras; y ninguno más. Sean (fig. 33) O su centro, y A un vértice del poliedro arquimédico. El segmento rectilíneo O A (prolongado, si es necesario, en la dirección O A) corta a alguna de las caras del sólido platoniano *s*, interiormente o en su orilla. Si esta cara es la K L M N, O ff su apotema, y Q′ la proyección normal de A sobre O Q, constrú-

yase otro sólido platoniano *s'* directamente homotético del *s*, respecto de O, y en el cual sea el punto Q' homólogo del Q. El punto A quedará sobre la superficie del poliedro *s'* en la cara L' M' N' K', ya interiormente, ya en su orilla, pero no

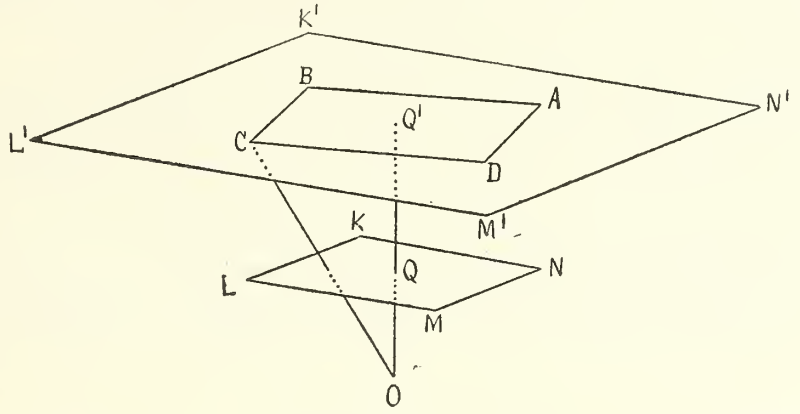


Fig. 33

en su prolongación; y podrá ocurrir que los puntos A y Q' sean diferentes o que no lo sean. Examinemos separadamente estos dos casos.

Primer caso. Si A no coincide con Q', A y sus simétricos respecto del eje O Q' son los vértices de un polígono regular A B C D de centro Q', con tantos lados como la cara K L M N del sólido platoniano *s*. Los ejes de éste lo son también del poliedro arquimédico; y, por tanto, respecto de estos ejes, los polígonos homólogos del A B C D caerán sobre las diversas caras del sólido *s'* y en una misma situación, respecto de cada una, que A B C D con relación a la K L M N.

Todos esos polígonos son determinantes e isógenos, sus vértices ocupan la situación que indica el enunciado, y pertenecen al poliedro arquimédico; y, así, sólo falta probar que éste no posee ya más vértices. Pasemos a demostrarlo.

Admitiendo que posea otro vértice E, el polígono E F G H isógeno de

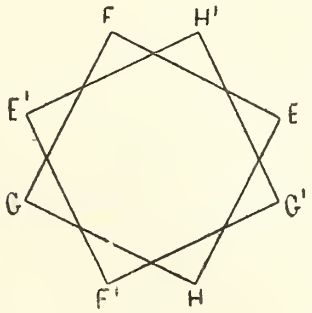


Fig. 34

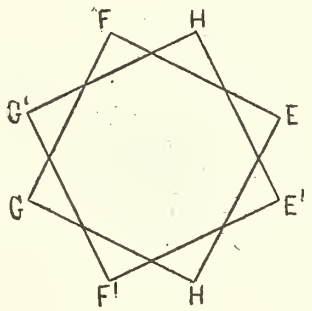


Fig. 35

A B C D (figs. 34 y 35) que pasa por E, no podrá caer sobre una cara del poliedro platoniano *s'*; porque, si cayera, sobre esta misma cara existirían dos polígonos

isógenos acordes E F G H y E′ F′ G′ H′; y esto es imposible: efectivamente, si fueran del mismo sentido (fig. 34) su eje sería, en el poliedro arquimédico, de un orden superior al que le corresponde en el platoniano *s* (16 y 18); y, si aquellos dos polígonos (fig. 35) fueran de sentidos opuestos, los ejes binarios del grupo, que forman, también lo serían en aquellos poliedros (19); y en ambos casos resultarían uno o más ejes de los que posee *s′*, lo que es absurdo (12).

Tampoco podrá E F G H situarse fuera de una cara de *s′*. Probémoslo. E F G H debe tener por eje alguna apotema de *s′*, la cual será también eje de otros *dos* polígonos *a* y *b* isógenos de E F G H, si *s′* en un cubo o un dodecaedro, y de *uno* solo E′ F′ G′, si *s′* es un tetraedro: los dos primeros casos son inadmisibles (22) por estar *a*, *b* y E F G H en planos diferentes. Tampoco es admisible la existencia del polígono E′ F′ G′ en el caso de ser *s′* un tetraedro, es decir, en el caso de que el sólido arquimédico no tenga más ejes que los del tetraedro *s′*; efectivamente, si O y O′ son los centros de E F G y E′F′G′ (fig. 36),

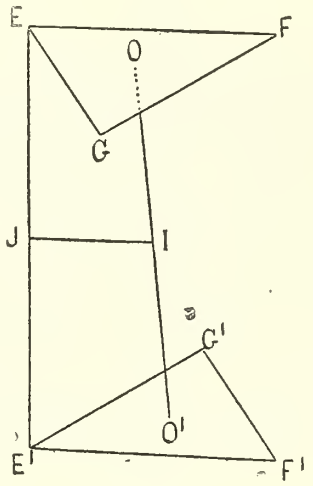


Fig. 36

I el medio de O O′ y J el de E E′, será I J un eje binario del poliedro arquimé- (20), y no del tetraedro *s′* (por ser recto el ángulo O I J) en contradicción con el supuesto de que ambos cuerpos tienen los mismos ejes.

Segundo csao. (Fig. 34.) Si A coincide con Q′, este punto y sus homólogos, respecto de los diversos ejes del sólido *s′*, son los centros de las caras de *s′*, y los vértices de un poliedro regular *t* conjugado de *s′*; y *t*, por tanto, constará de 4, 8 ó 20 caras. Los vértices de *t* lo son también del poliedro arquimédico; pero no lo es ningún otro punto P: efectivamente, si lo fuera, sería exterior a todos los radios de *t* (indefinidamente prolongados) o estaría en alguno de ellos: en el primer supuesto, por ser homólogos los ángulos sólidos Q′ y P, debería pasar por P un eje de simetría del mismo orden que un radio O Q′ del sólido platoniano *t*, lo que es absurdo,

por no coincidir la dirección de ninguno de sus radios con la de O P; y en el segundo supuesto, de caer P en un radio O Q′ del sólido *t* (o en su prolongación) Q′ y P serían puntos opuestos en la esfera circunscrita al poliedro arquimédico, y éste poseería un eje binario, que sería mediatriz de P Q′; dedúcese de esto, que, si *t* consta de 8 ó 20 caras, P será un vértice de *t* (el opuesto al Q′); y, si *t* es un tetraedro, por poseer los mismos ejes que el poliedro arquimédico de que se trata, poseerá un eje binario normal a un radio O Q′, lo que es absurdo. Queda, pues, demostrado que, en el supuesto de coincidir A con Q′, el poliedro arquimédico tiene por vértices los de uno regular *t* de 3, 8 ó 20 caras, y ninguno más. Pero es fácil ver que no existe ningún poliedro arquimédico con los mismos vértices que uno regular de 4 ó de 20 caras; y como, según hemos visto (29) sí que existe uno, y nada más que uno, con los mismos vértices que un octaedro regular, que es el tetraedro hemicúbico, podemos afirmar que este cuerpo arquimédico es el único posible en el supuesto de que A coincida con Q′. Observando, ahora, que sus seis vértices son los puntos medios de las aristas de un tetraedro regular, vemos que caen sobre las caras de éste (no prolongadas) formando triángulos equiláteros iguales, concéntricos con ellas y con idénticas situaciones, de acuerdo con el enunciado.

31. En virtud de la proposición anterior, para descubrir los poliedros arquimédicos uniformes con más de un eje no binario, basta dibujar sobre cada uno de los tres poliedros platonianos de 4, 6 y 12 caras polígonos regulares iguales, semejantes y concéntricos con ellas, y de igual modo situados, y examinar si, mediante variaciones convenientes en su tamaño y posición, se puede con todos sus vértices formar algún poliedro arquimédico. Para esto, hay que examinar cuáles son los nuevos polígonos regulares convexos o estrellados, que pueden formarse con grupos de aquellos vértices, convenientemente elegidos; y las combinaciones de esos polígonos (entre los cuales pueden figurar los primitivos) que cierren ángulos sólidos iguales, pero no regulares, darán a conocer todos los poliedros arquimédicos uniformes y armónicos, derivados del platoniano que se considera. Los no armónicos cuando, existan, se deducirán de cada uno de los primeros, mediante una dislocación de alguna de sus partes, que en nada altere la forma de sus ángulos sólidos. Para facilitar estas investigaciones, los polígonos regulares dibujados sobre el poliedro platoniano de 4, 6 ó 12 caras, los supondremos sucesivamente colocados en las posiciones siguientes: 1.ª En coincidencia con las caras; 2.ª y 3.ª Inscritos en las caras, ya tocando a los lados en sus puntos medios, ya en otros puntos; 4.ª En posición directamente homotética con ellas; 5.ª Con sus radios respectivamente normales a los lados de las caras; y 6.ª En una situación arbitraria, distinta de las cinco anteriores.

VII. — Poliedros arquimédicos uniformes, derivados del tetraedro regular

32. Para obtenerlos, siguiendo la marcha expuesta en el artículo anterior, deberemos dibujar, sobre las caras de un tetraedro regular, triángulos equilá-

teros iguales, concéntricos con ellas, con idénticas situaciones y sucesivamente colocados de los seis modos que antes se explicó, tal como indican las figuras 37, 38, 39, 40, 41 y 42, en las que P Q R representa una cara del tetraedro, y A B C el triángulo aquilátero trazado sobre ella.

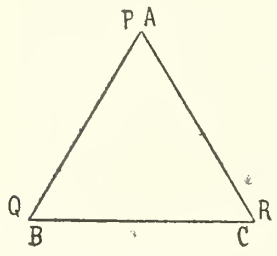


Fig. 37

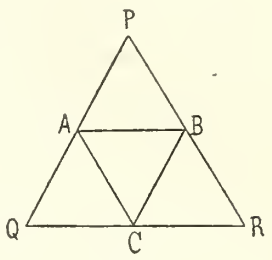


Fig. 38

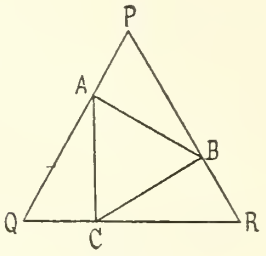


Fig. 39

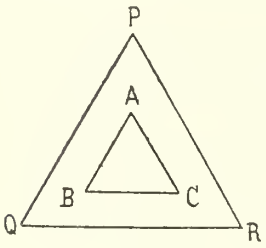


Fig. 40

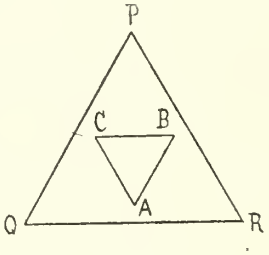


Fig. 41

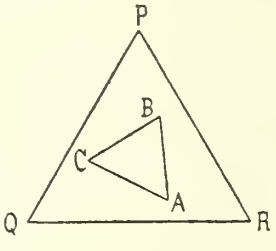


Fig. 42

I. En la primera situación, los vértices del poliedro arquimédico serían los del tetraedro; y no originan, por consiguiente, ninguna solución.

II. (Fig. 43). Inscribiendo en las caras del tetraedro P Q R S, triángulos que toquen a las aristas en sus puntos medios A, B, C, D, E, F, se forma un octaedro regular: sus vértices no determinan más sólidos arquimédicos que dos *tetraedros hemicúbicos* idénticos (29). Los elementos de cualquiera de ellos son los siguientes:

$$\acute{a}ng.\ 3.\bar{4}.3.\bar{4},\quad c_3 = 4,\quad c_4 = 3,\quad c = 7,\quad v = 6,\quad a = 12,\quad k = 2.$$

III. (Fig. 44). Marcando en las aristas del tetraedro P Q R S, pero no en sus medios, los puntos A, B, C, A_1, B_1, C_1,..., que determinen sobre sus caras triángulos equiláteros idénticos A B C, A_1 B_1 C_1,... e idénticamente situados respecto de ellos, se forman axágonos tales como B C_2 A A_3 C B_1, inscritos en las caras, que se convierten en regulares, si B B_1 = B_1 C; y son los únicos polígonos regulares con más de tres lados, que pueden formarse con grupos de aquellos pun-

tos. Luego esos exágonos, en su totalidad o en parte, han de ser, forzosamente, caras del poliedro arquimédico que buscamos; de donde se infiere que las otras

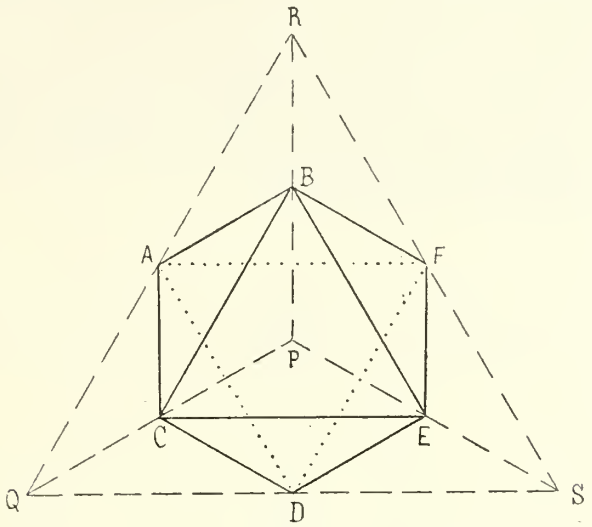


Fig. 43

caras serán los triángulos, tales como $B\,B_1\,B_2$, constituídos por las aristas libres de las primeras. El poliedro que resulta es un *bi-tetraedro tri-exagonal,* con án-

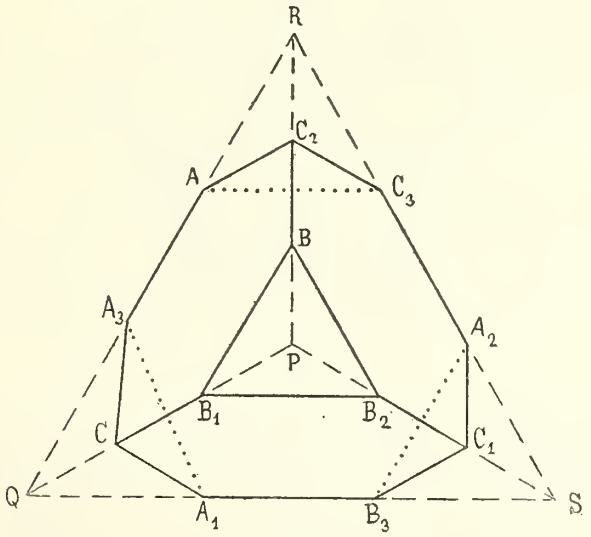


Fig. 44

gulos triédricos, compuestos, cada uno, de dos exágonos y un triángulo. Sus elementos son:

ang. 3.6.6, $c_3 = 4$, $c_6 = 4$, $c = 8$, $v = 12$, $a = 18$, $k = 1$.

IV. (Fig. 45). Tracemos sobre las caras del tetraedro P Q R S los triángulos iguales A B C, $A_1B_1C_1$,... directamente homotéticos con ellas respecto de sus centros. Con sus mismos vértices, pueden formarse nuevos polígonos equiángulos, de los cuales los que pasan por B (contando el A B C) son: los dos triángulos iguales B A C y B A_2C_3; los dos triángulos mayores B C_2A_1 y B A_3C_1; y los cuadriláteros B A B_2A_2, B C B_3C_3, y exágonos B $A_2C_2B_1A_1C$, B A $C_1B_1A_3C_3$, que se convierten los cuatro en regulares, si A B = B A_2. Las combinaciones de estos polígonos, que cierran ángulos sólidos (hay que excluir al triángulo B C_2A_1 y sus homólogos) originan tres poliedros de

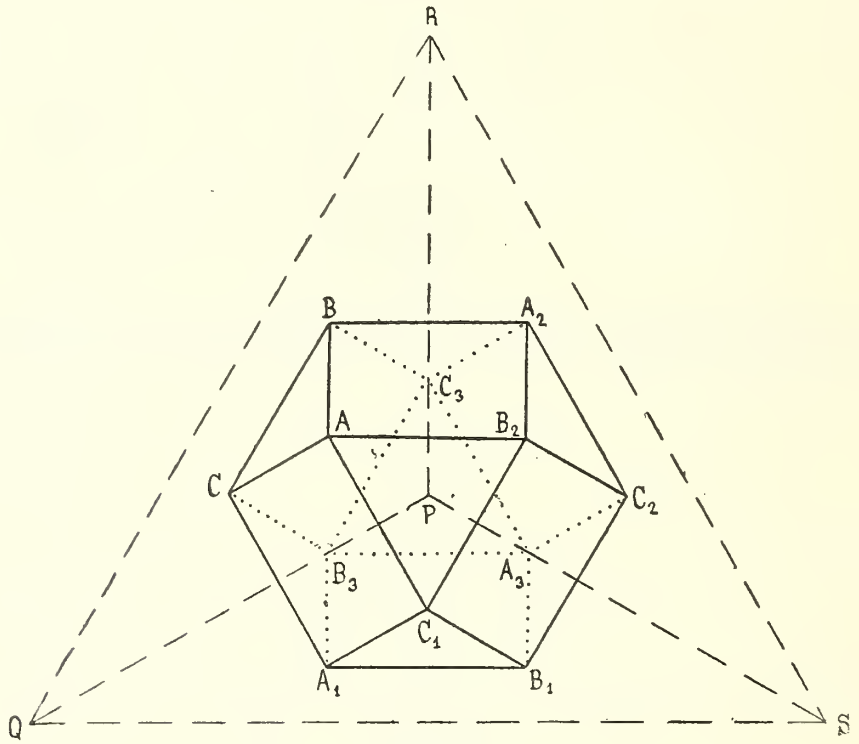


Fig. 45

Arquímedes, cuyos ángulos sólidos son convexos para el uno, y plegados para los otros dos; los tres con las mismas aristas. Son los que se detallan a continuación.

1.° Un *cubo-octaedro tri-cuadrangular,* convexo, con ángulos tetraédricos, constituídos cada uno por dos cuadrados y dos triángulos, como A B A_2 B_2, A C A_1C_1, A B C y A B_2C_1, que son las caras concurrentes en A.

áng. 3.4.3.4, $c_3 = 8$, $c_4 = 6$, $c = 14$, $v = 12$, $a = 24$, $k = 1$.

2.° Un *sesqui-octaedro tri-exagonal*, con ángulos tetraédricos plegados. En un vértice A se juntan dos exágonos A B $C_3A_3B_1C_1$, A $B_2C_2A_3B_3C$, y dos triángulos A B_2C_1, A B C.

ánq. $3.\bar{6}.3.\bar{6}$, $c_3 = 8$, $c_6 = 4$, $c = 12$, $v = 12$, $a = 24$, $k = 3$.

3.° Un *cubo-hemi-octaédrico cuadri-exagonal* con ángulos cuadriláteros plegados, compuestos de dos cuadrados y dos exágonos como A B $C_3A_3B_1C_1$ A $B_2C_2A_3B_3C_1$, A B_2A_2B y A C A_1C_1, que son las caras que parten A.

ánq. $4.\bar{6}.4.\bar{6}$, $c_4 = 6$, $c_6 = 4$, $c = 10$, $v = 12$, $a = 24$, $k = 5$.

V. (Fig. 46). Dibujemos sobre las caras del tetraedro P Q R S los triángulos iguales A B C, $A_1B_1C_1$,... inversamente homotéticos respecto de los centros

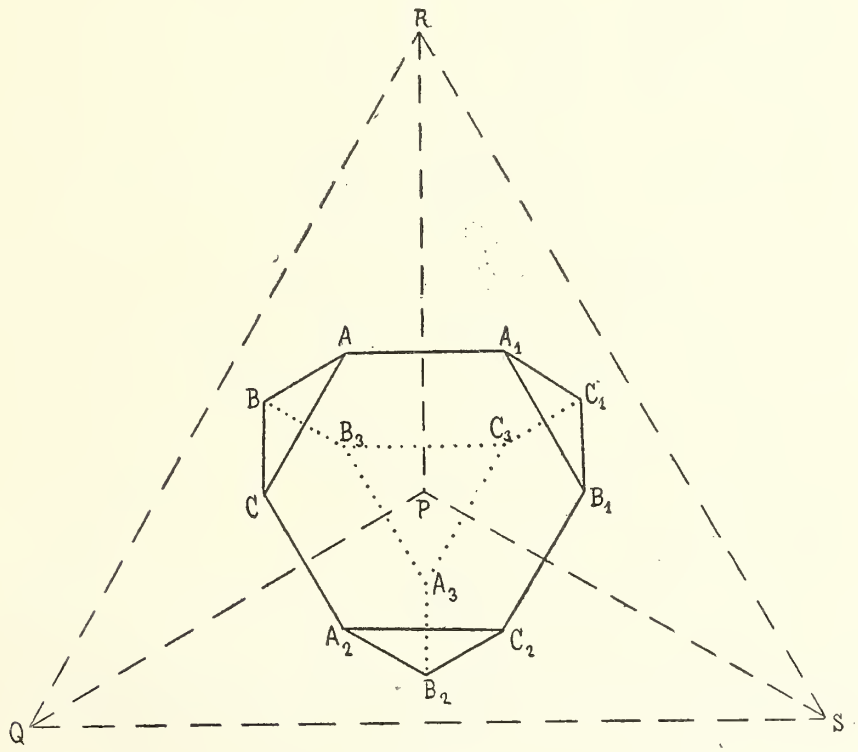


Fig. 46

de aquéllas. Con los vértices de dichos triángulos se forman cuatro exágonos, tales como A $A_1B_1C_2A_2C$, que se convierten en regulares, si A $A_1 = A_1B_1$, y son los únicos polígonos regulares de más de tres lados, que pueden formarse con

grupos de aquellos vértices. Luego todos esos exágonos, o algunos, serán necesariamente caras del poliedro arquimédico que buscamos; y, por consiguiente, las otras caras deberán ser los triángulos A B C, $A_1B_1C_1$,..., que habíamos dibujado. El poliedro resultante es el *bi-tetraedro,* que hemos deducido en el párrafo III.

VI. (Fig. 47). Dibujemos, finalmente, sobre las caras del tetraedro P Q R S los triángulos iguales y equiláteros A B C, $A_1B_1C_1$,..., concéntricos con aquellas e idénticamente situados; pero sin ocupar ninguna de las cinco posiciones estudiadas anteriormente, con lo cual ni estarán inscritos en las caras ni tendrán sus lados respectivamente paralelos a las aristas. Con estas condiciones, un atento

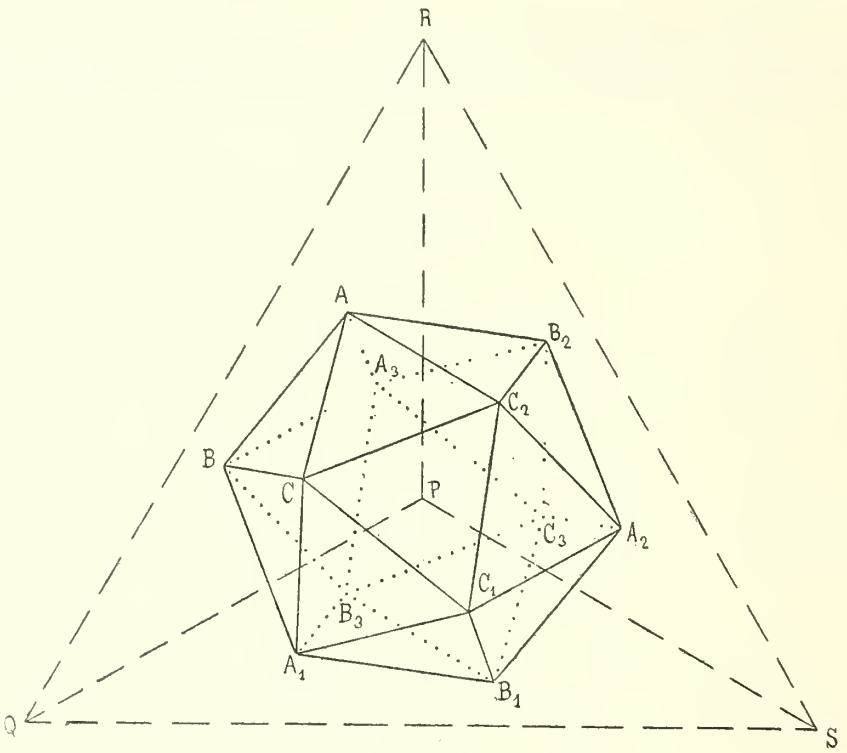


Fig. 47

examen enseña que, si no se cumplen las igualdades A C = C C_2 = C_2A, los vértices de los cuatro triángulos antes dibujados, no pueden determinar polígonos regulares que cierren ángulos sólidos; pero, si aquellas igualdades se cumplen, resultan equiláteros e iguales los triángulos C A B, C B A_1, C A_1C_1, CC_1C_2, CC_2A y sus homólogos; y cierran juntos un icosaedro regular. Y como con los vértices de éste no puede formarse ningún poliedro arquimédico, se concluye que la situación de los triángulos ABC, $A_1B_1C_1$,..., que ahora estamos analizando, no origina ninguna solución.

VII. De los poliedros arquimédicos, que hemos deducido del tetraedro, no se deriva ninguno inarmónico; porque, en cada uno de aquéllos, la posición de un ángulo sólido, con las caras poligonales que lo forman, determina sin ambigüedad las posiciones de las demás.

VIII.—Poliedros arquimédicos uniformes, derivados del cubo

33. Para descubrirlos, debemos trazar, sobre las caras de un cubo, cuadrados iguales, concéntricos con ellas, con idénticas situaciones, y sucesivamente colocados de los seis modos que dijimos en el artículo VI (como manifiestan las figuras 48, 49, 50, 51, 52 y 53, en las que están representados una cara del cubo y

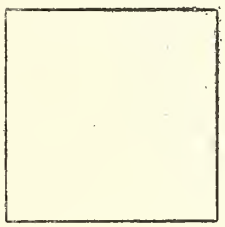


Fig. 48

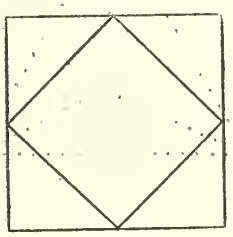


Fig. 49

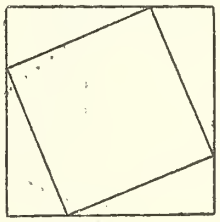


Fig. 50

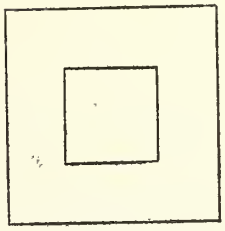


Fig. 51

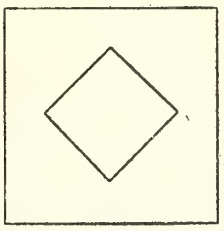


Fig. 52

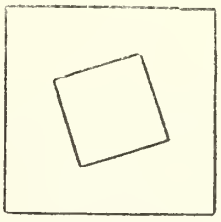


Fig. 53

el cuadrado auxiliar que yace sobre ella); y examinar, en cada uno de estos seis modos, cuáles son los poliedros arquimédicos cuyos vértices coinciden con los de los cuadrados auxiliares.

I. Si estos cuadrados son las caras del cubo, no se origina ninguna solución.

II. (Fig. 54). Inscribamos en las caras del cubo, R S T U V X Y Z cuadrados que toquen a las aristas en sus puntos medios A, B, C, D... Con grupos de esos puntos no se pueden formar otros polígonos regulares que los siguientes: 1.° Los seis cuadrados, como A B C D, que habíamos inscrito; 2.° Triángulos, como C D E; y otros mayores, como A F K; y 3.° Exágonos, como A B K L F G. Las combinaciones de estos polígonos, que cierran ángulo sólido (hay que excluir

al triángulo A F K y sus homólogos) forman tres poliedros de Arquímedes, con las mismas aristas y ángulos sólidos cuadriláteros, convexos para el uno y plegados para los otros dos, que son el *cubo-octaedro,* el *sesqui-octaedro* y el *cubo-hemi-octaédrico,* que ya hemos derivado del tetraedro (32-IV).

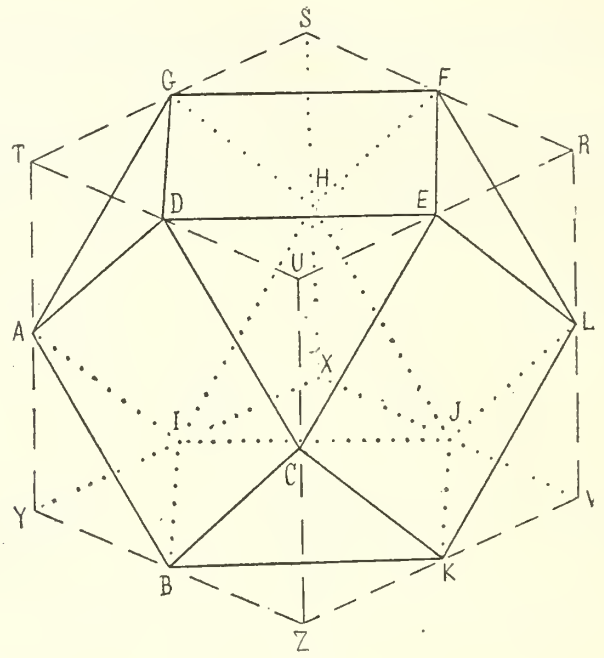


Fig. 54

III. (Fig. 55). Señalemos en las aristas del cubo R S T U V X Y Z puntos (no medios) que determinen, sobre sus caras, cuadrados iguales A B C D, E F G H,..., e igualmente situados respecto de ellas. Con grupos de esos puntos, considerados como vértices, pueden formarse nuevos polígonos regulares, de los cuales los que tienen su vértice en A son los siguientes: el triágulo A L F; el A J H; mayor que el primero; el cuadrado A K O G; y si A L = A E, los octógonos convexos A E B J C K D L, A E M H N G Ñ F y los estrellados con los mismos vértices; y los cuadrados A K I H y A G P J. Las combinaciones de estos polígonos y sus homólogos, que cierran ángulo sólido (hay que excluir al cuadrado A B C D y sus homólogos) originan cinco poliedros arquimédicos, que son los siguientes:

1.º Un *cubo-octaedro tri-octogonal,* convexo, con ángulos triédricos, formado cada uno por dos caras octogonales y un triángulo. Las correspondientes al vértice A son A E M H N G Ñ F, A E B J C K D L y A F L.

$$\acute{a}ng_8\ 3.8_1.8_1, \quad c_3 = 8, \quad c'_8 = 6, \quad c = 14, \quad v = 24, \quad a = 36, \quad k = 1.$$

2.° Un *octaedro bi-cúbico tri-cuadri-octogonal,* con ángulos tetraédricos convexos, formados cada uno por dos octógonos estrellados, un cuadrado y un

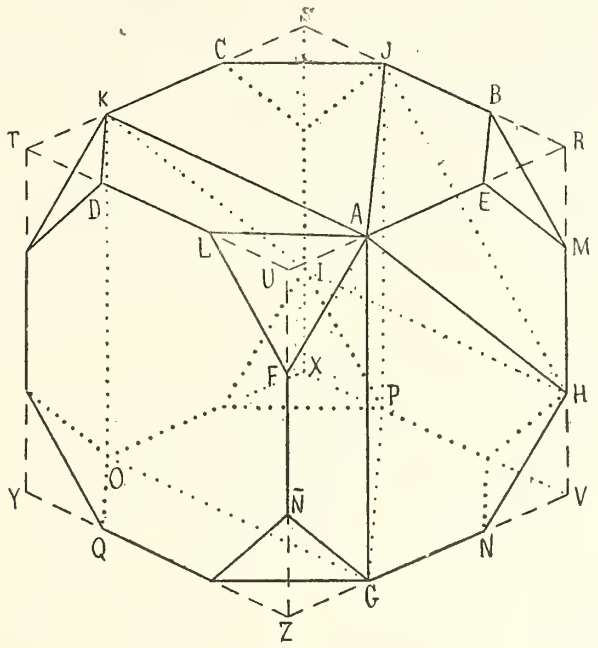


Fig. 55

triángulo. Las caras que parten de A son A J D E C L B K, A H Ñ E N F M G, A G O K y A H J.

áng. $3.8_3.4.8_3$, $c_3 = 8$, $c_4 = 6$, $c'''_8 = 6$, $c = 20$, $v = 24$, $a = 48$, $k = 7$.

3.° Un *rombo cúbico cuadri-octogonal,* con ángulos tetraédricos plegados constituídos cada uno por dos octógonos estrellados y dos cuadrados, y con las mismas aristas que el precedente. Las caras que se juntan en A son: A J D E C L B K, A H Ñ E N F M G, A K I H y A J P G.

áng. $\bar{4}.8_3.\bar{4}.8_3$, $c_4 = 12$, $c_8 = 6$, $c = 18$, $v = 24$, $a = 48$, $k = 9$.

4.° Un *rombo cubo-octaédrico tri-cuadrangular,* con ángulos sólidos cuadriláteros plegados, y las mismas aristas que los dos poliedros precedentes. En un vértice A se reunen tres cuadrados A G O K, A K I H, A J P G y un triángulo A J H.

áng. $3.\bar{4}.4.\bar{4}$, $c_3 = 8$, $c_4 = 18$, $c = 26$, $v = 24$, $a = 48$, $k = 1$.

5.° Otro *rombo cubo-octaédrico* tri-cuadrangular inarmónico, también estrellado y con iguales ángulos sólidos, que se deduce del anterior del modo siguiente: fijándose en una porción del poliedro armónico, constituída por una cara cuadrada y las ocho que la cercan, vemos que sus aristas libres forman un octógono regular estrellado: haciendo girar esa porción, alrededor de su eje, medio ángulo recto, coincidirá aquel octógono consigo mismo, y el poliedro que se obtenga seguirá siendo arquimédico (aunque no armónico), compuesto de las mismas caras y con iguales ángulos sólidos que el primitivo.

IV. (Fig. 56). En el cubo R S T U V X Y Z, trácense sobre sus caras, y concéntricas con ellas, cuadrados iguales A B C D, E F G H,...; y se formarán, con sus vértices, nuevos polígonos regulares. Los que pasan por A son: el triángulo A P H; el cuadrado A B C D; y, si A D=A H, los cuadrados A D E H

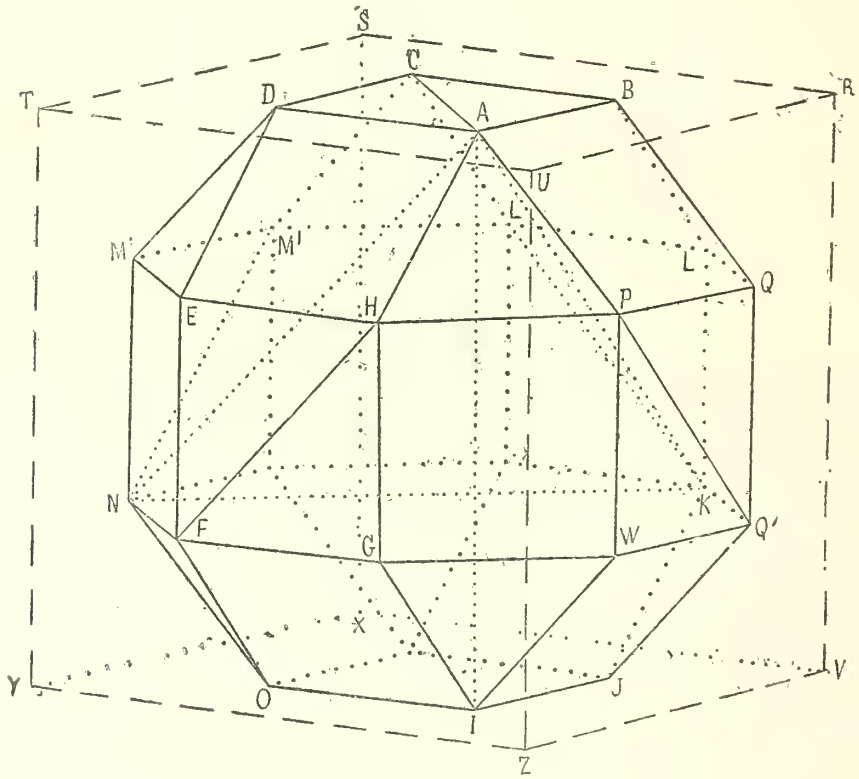


Fig. 56

y A B Q P, los octógonos convexos A D M N O I W P y A B L K J I G H, los estrellados de los mismos vértices, el triángulo A N K y los cuadrados A W O M y A G J L. También son regulares, si A C = A P, los exágonos C A P Q' K L, C A H F N M', que tienen un lado común C A, y cierran con el triángulo A P H

un ángulo sólido; pero las tres caras poligonales que lo forman y sus homólogas no constituyen un solo poliedro arquimédico, sino dos iguales, que ya conocemos como derivados del tetraedro mediante truncaduras de sus ángulos sólidos (32-111). Prescindiendo, pues, de aquellos exágonos, y combinando solamente los otros polígonos regulares y sus homólogos, que cierren ángulos sólidos (hay que excluir a los cuadrados, como A W O M, que no tienen lados comunes con otros polígonos), se obtienen, para la situación especial de los vértices que estamos examinando, los poliedros arquimédicos posibles, que son los siguientes:

1.° Un *rombo cubo-octaédrico tri-cuadrangular,* convexo, con ángulos sólidos cuadriláteros. Las caras que parten de un vértice A son un triángulo A P H y tres cuadrados A H E D, A D C B y A B Q P.

áng. 3.4.4.4, $c_3 = 8$, $c_4 = 18$, $c = 26$, $v = 24$, $a = 48$, $k = 1$.

2.° Otro *rombo cubo-octaédrico tri-cuadrangular,* convexo, inarmónico, derivado del anterior, mediante la dislocación de una de sus partes, de igual modo que se explicó para el poliedro estrellado con ángulos plegados de la forma 3.4.4.4.

3.° Un *rombo cúbico cuadri-octogonal,* con ángulos sólidos cuadriláteros plegados y las mismas aristas que el primero de los dos poliedros precedentes. De un vértice A parten dos cuadrados A B Q P, A D E H y dos octógonos convexos A B L K J I G H, A D M N O I W P.

áng. $4.\bar{8}_1.4.\bar{8}_1$, $c_4 = 12$, $c_8 = 6$, $c = 18$, $v = 24$, $a = 48$, $k = 9$.

4.° Un *bicubo tri-cuadri-octogonal,* también con las mismas aristas que el poliedro primero, con ángulos tetraédricos plegados, constituídos, cada uno por dos octógonos convexos, un cuadrado y un triángulo, como A B L K J I G H, A D M N O I W P, A B C D y A H P, que son las caras concurrentes en A.

áng. $3.\bar{8}_1.4.\bar{8}_1$, $c_3 = 8$, $c_4 = 6$, $c_8 = 6$, $c = 20$, $v = 24$, $a = 48$, $k = 7$.

5.° Un *cubo-octaedro tri-octogonal,* estrellado, con ángulos triédricos, cerrados cada uno por dos octógonos estrellados y un triángulo, como A K G B J H L I, A I M P O D W N y A N K, que son las caras concurrentes en A.

áng. $3.8_3.8_3$, $c_3 = 8$, $c_8 = 6$, $c = 14$, $v = 24$, $a = 36$, $k = 1$.

v. (Fig. 57). Sobre el cubo R S T U V X Y Z, dibujemos los cuadrados iguales A B C D, G H Q P,..., situados de modo que sus radios coincidan en dirección con las apotemas de las respectivas caras en que yacen. Con grupos de sus vértices, se podrán formar nuevos polígonos regulares, si A C = A G, o si A C = A E, o si A B = A E.

Si A C = A G, serán cuadrados iguales y cerrarán un ángulo triedro, A G N J, A C Q G y A C W J. Estos cuadrados y todos sus homólogos forman tres cubos, y ningún sólido arquimédico.

En el supuesto de ser A C = A E, o lo que es equivalente, B D = D K, resultan regulares el octógono B D K L M O P H y sus homólogos; pero sus lados, por no pertenecer a ningún otro polígono regular, definido por un grupo de vértices de los cuadrados auxiliares, no pueden ser aristas de ningún poliedro arquimédico. Luego aquellos octógonos no originan ninguna solución.

Tampoco la originan, por idéntico motivo, el cuadrado D H O L y los de idéntica situación.

Finalmente, si A B = A E, resultan regulares solamente (además del cuadrado anterior, que ya no debemos considerar), el exágono A B H G F E y sus homólogos, los cuales, juntos con los cuadrados auxiliares, cierran un solo poliedro arquimédico, que es

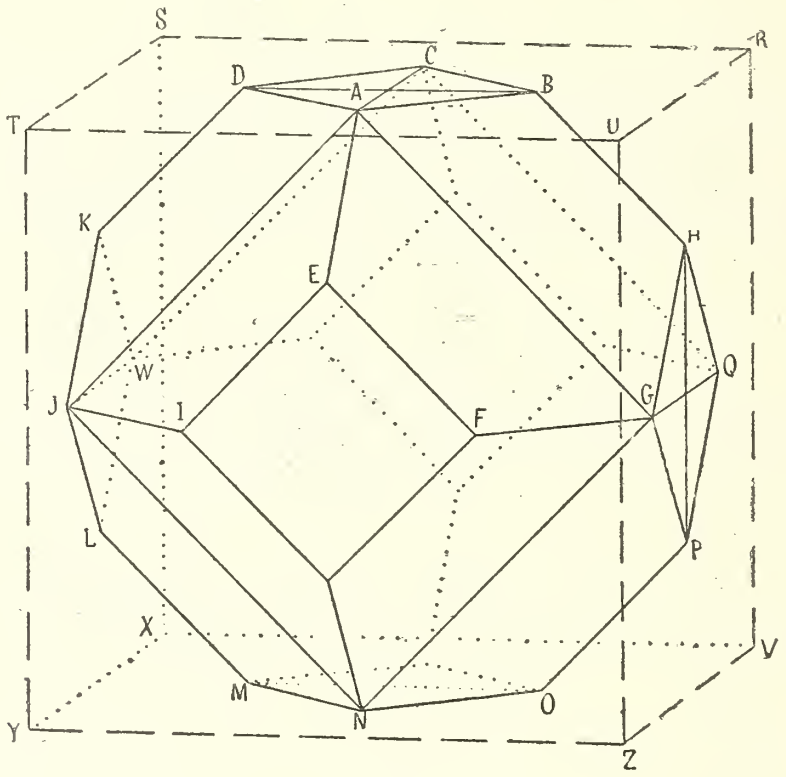


Fig. 57

Un *cubo-octaedro cuadri-exagonal,* convexo, con ángulos triédricos. En un vértice A concurren un cuadrado A B C D y dos exágonos A B H G F E, A E I J K D.

ang. 4.6.6, $c_4 = 6$, $c_6 = 8$, $c = 14$, $v = 24$, $a = 36$, $k = 1$.

VI. (Fig. 58). Falta considerar el caso en que los cuadrados auxiliares A B C D, E F G H, I J K L,... trazados sobre las caras del cubo R S T UVX Y Z, concéntricos con ellas e idénticamente colocados, ocupan una situación diversa de las cinco examinadas anteriormente. Con los 24 puntos auxiliares, que así se obtienen, pueden formarse nuevos cuadrados y triángulos equiláteros (como K G M N, A I F, D L E,...; simétricos los primeros respecto de los ejes cuaternarios del cubo; y los segundos, respecto de los ternarios; y también se podrán con aquellos puntos formar algunos polígonos regulares que no tengan por eje de simetría ninguno del cubo; pero un atento examen manifiesta que la única combinación que origina un sólido arquimédico, es la siguiente.

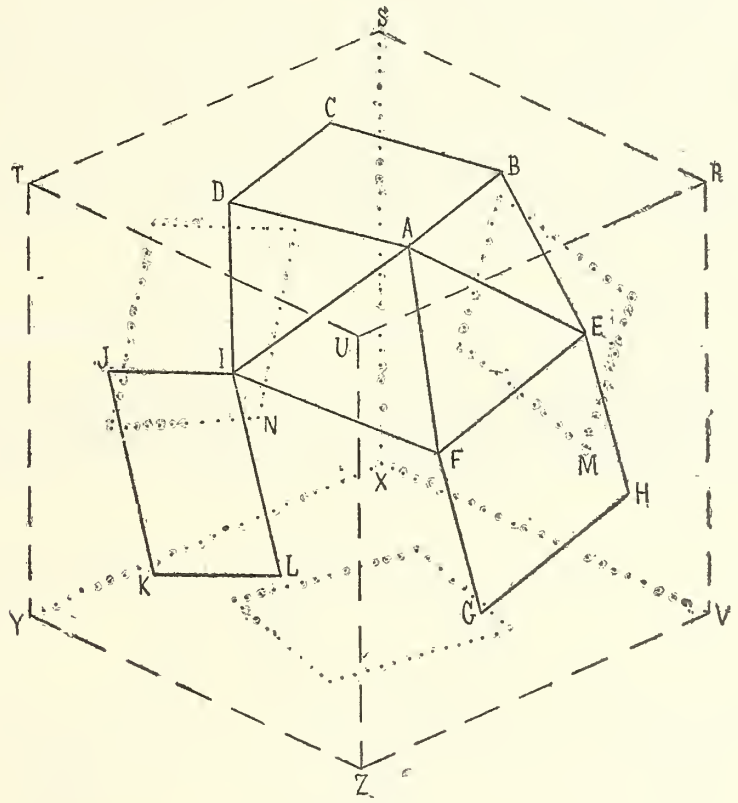


Fig. 58

Si A, I, F son los puntos auxiliares más próximos al vértice U, resultan A simétrico de E, y F de B, respecto del eje binario que biseca a la arista U R; y D simétrico de I con relación al eje binario bisector de la arista T' U. Por consiguiente, son idénticos los triángulos A B E, E F A, D A I, y equilátero el A I F. Si A B = B E = E A (condición que es posible satisfacer para un tamaño y posición conveniente de los cuadrados auxiliares) resultan equiláteros aquellos

cuatro triángulos, y juntamente con el cuadrado auxiliar A B C D cierran un ángulo sólido pentaédrico A B E F I D. Las cinco caras poligonales que concurren en A, y sus homólogas, forman un poliedro arquimédico convexo, denominado *cubísimo* por Kepler. Sus elementos son los siguientes:

áng. 3.3.3.3.4, $c_3 = 32$, $c_4 = 6$, $c = 38$, $v = 24$, $a = 60$, $k = 1$.

Sus cuadrados están sobre un cubo y de sus 32 triángulos, 8 yacen sobre un octaedro regular, y los otros 24 sobre un sólido kepleriano (41) de caras pentagonales.

El cubísimo puede ser directo o retrógrado, como ya se explicó (3) al tratar de los poliedros arquimédicos convexos.

VII. En la serie de poliedros derivados del cubo, que acabamos de recorrer, las caras poligonales, que concurren en un vértice, determinan sin ambigüedad la posición de todas las demás, excepto en los casos de que aquellas caras sean un triángulo y tres cuadrados o un cuadrado y cuatro triángulos. Este último caso ocasiona dos poliedros (el cubísimo directo y el retrógrado) ambos armónicos. El primer caso origina cuatro poliedros, dos de los cuales, que ya hemos descrito, son inarmónicos. Estos dos son, pues, los únicos inarmónicos derivados del cubo; y veremos que son también los únicos existentes.

IX. Poliedros arquimédicos uniformes, derivados del dodecaedro regular

34. Los vértices de estos poliedros son los de ciertos pentágonos regulares iguales, dibujados en idénticas situaciones sobre las caras no prolongadas de un dodecaedro platoniano, y respectivamente concéntricos con los mismas. De

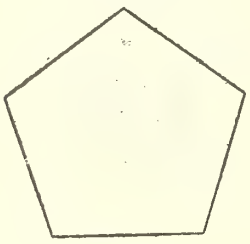


Fig. 59

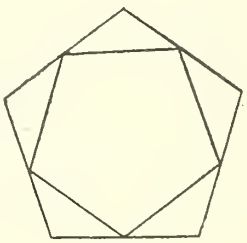


Fig. 60

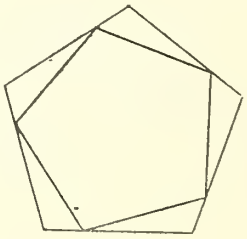


Fig. 61

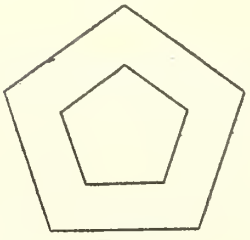


Fig. 62

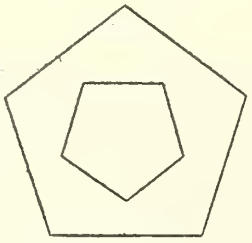


Fig. 63

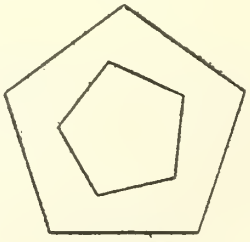


Fig. 64

acuerdo con el plan propuesto en el artículo VI, que ya hemos desenvuelto para el tetaedro y el cubo, debemos examinar separadamente las seis situaciones que indican las figuras, 59, 60, 61, 62, 63 y 64, las cuales representan, para cada situación, una cara del dodecaedro y el pentágono auxiliar dibujado sobre ella.

1. (Fig. 65). Si los pentágonos auxiliares son las caras del dodecaedro platoniano, los vértices de éste serán los del poliedro arquimédico que se busca. Pero con dichos vértices no se forman otros polígonos regulares que los siguientes y sus homólogos: los pentágonos convexos A B C D E y B D I J K; los estrellados con los mismos vértices; el cuadrado E G N O, y los triángulos E B H y C H I. Con grupos de estos polígonos se cierran diversos poliedros, a saber: el dodecaedro regular propuesto, el estrellado que tiene los mismos vértices, un sistema de tetraedros, otro de cubos y seis poliedros de Arquímedes, que son los siguientes:

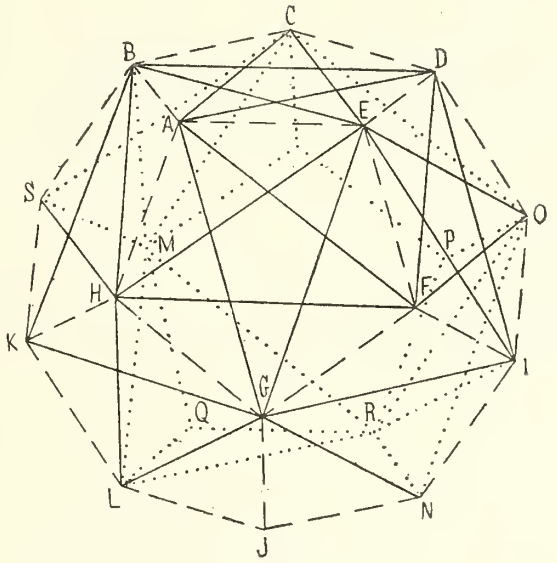


Fig. 65

1.° Un *dodeca-icosaedro tri-pentagonal* estrellado, con ángulos exaédricos convexos. En un vértice E se reunen tres triángulos E B H E G I, E O C y tres pentágonos estrellados E B D A C, E G A F H y E O F D I.

áng. $3.5_2.3.5_2.3.5_2$, $c_3 = 20$, $c''_5 = 12$, $c = 32$, $v = 20$, $a = 60$, $k = 11$.

2.° Con las mismas aristas que el anterior, otro *dodeca-icosaedro tri-pentagonal,* con ángulos exaédricos plegados. De un vértice E parten tres triángulos E B H, E G I, E O C y tres pentágonos convexos E G L M C, E H L R O y E B M R I.

áng. $3.\bar{5}_1.3.\bar{5}_1.3.\bar{5}_1$, $c_3 = 20$, $c'_5 = 12$, $c = 32$, $v = 20$, $a = 60$, $k = 11$.

3.° También con las mismas aristas, un *bidodecaedro pentagonal,* con ángulos exaédricos plegados. En un vértice concurren tres pentágonos convexos E G L M C, E H L R O, E B M R I y tres estrellados E B D A C, E G A F H y E O F D I.

áng. $\bar{5}_1.5_2\,\bar{5}_1.5_2.\bar{5}_1.5_2$, $c'_5 = 12$, $c''_5 = 12$, $c = 24$, $v = 20$, $a = 60$, $k = 19$.

4.° Un *rombo icosi-dodecaédrico tri-cuadri-pentagonal,* de ángulos sólidos tetraédricos convexos. Sus vértices deben considerarse como triples, puesto que uno cualquiera pertenece a tres ángulos sólidos, cerrados cada uno por un triángulo, dos cuadrados y un pentágono estrellado, como E C O, E O N G, E C S H y E H F A G. Sus aristas deben considerarse como dobles; pues la E G, por ejemplo, pertenece a dos diedros; el limitado por las caras E G I y E G K B, y el que forman el pentágono E G A F H y el cuadrado E G N O.

áng. $3.4.5_2.4$, $c_3 = 20$, $c_4 = 30$, $c''_5 = 12$, $c = 62$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 1$.

5.° Con las mismas aristas dobles y vértices triples que el anterior, un *rombo dodecaédrico cuadri-pentagonal,* de ángulos sólidos cuadriláteros plegados, constituídos cada uno por dos cuadrados y dos pentágonos convexos, como E O N G, E C S H, E H L R O y E G L M C, que concurren en E.

áng. $4.\bar{5}_1.4.\bar{5}_1$, $c_4 = 30$, $c'_5 = 12$, $c = 42$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 21$.

6.° También con las mismas aristas dobles y vértices triples, un *icosi-bidodecaedro tri-pentagonal,* de ángulos sólidos cuadriláteros plegados, compuestos cada uno por un pentágono estrellado, dos convexos y un triángulo, como E H F A G, E H L R O, E G L M C y E O C, que se juntan en el vértice E.

áng. $3.\bar{5}_1.5_2.\bar{5}_1$, $c_3 = 20$, $c'_5 = 12$, $c''_5 = 12$, $c = 44$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 19$.

11. (Fig. 66). Inscribamos en las caras del dodecaedro platoniano pentágonos convexos A B C D E, F G H I A,..., que toquen a las aristas en sus puntos medios. Con grupos de esos puntos, considerados como vértices, se forman nuevos polígonos regulares, que originan los siguientes poliedros arquimédicos.

1.° Un *dodeca-icosaedro tri-pentagonal* convexo, con ángulos sólidos cuadriláteros. En cada vértice A se reunen dos pentágonos convexos A B C D E, A F G H I y dos triángulos A B I y A E F.

áng. $3.5_1.3.5_1$, $c_3 = 20$, $c'_5 = 12$, $c = 32$, $v = 30$, $a = 60$, $k = 1$.

2.° Un *sesqui-dodecaedro pentadecagonal* con ángulos sólidos cuadriláteros plegados. En cada vértice A concurren dos pentágonos A B C D E, A F G H I y dos decágonos A B R K S N T U V F, A I L J M N O P Q E, los cuatro convexos.

áng. $5_1.\bar{10}_1.5_1.\bar{10}_1$, $c_5' = 12$, $c'''_{10} = 6$. $c = 18$, $v = 30$, $a = 60$, $k = 15$.

3.° Un *icosi-hemi-dodecaedro tridecagonal,* con ángulos sólidos cuadriláteros plegados. En cada vértice A concurren dos triángulos A B I, A E F y dos decágonos convexos A B R K S N T U V F y A I L J M N O P Q E.

ánng. $3.\overline{10}_1 3.\overline{10}_1$, $c_3 = 20$, $c_{10}' = 6$, $c = 26$, $v = 30$, $a = 60$, $k = 7$.
(Este poliedro y los dos anteriores tienen las mismas aristas).

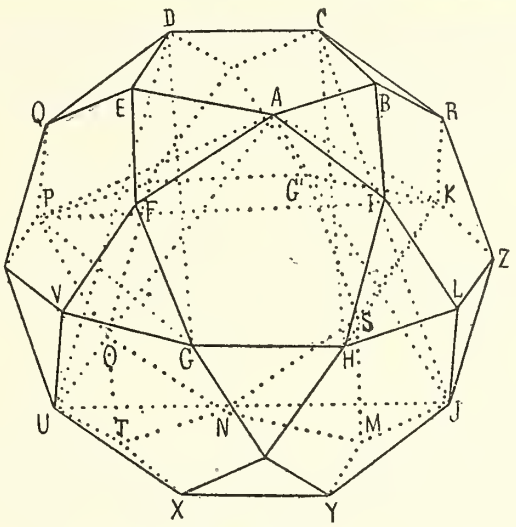


Fig. 66

4.° (Fig. 67). Un *bi-dodecaedro pentagonal,* con ángulos tetraédricos convexos. En cada vértice A se juntan dos pentágonos estrellados A H F I G, A C E B D y dos convexos A C K J H, A D P U G.

ánng. $5_1.5_2.5_1.5_2$, $c'_5 = 12$, $c''_5 = 12$, $c = 24$, $v = 30$, $a = 60$, $k = 9$.

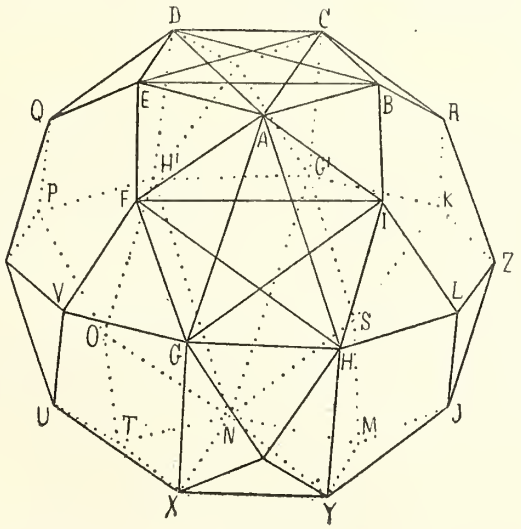


Fig. 67

5.° Con las mismas aristas que el precedente, un *dodeca-hemi-icosaedro penta-exagonal,* de ángulos tetraédricos plegados, constituídos, cada uno, por dos pentágonos estrellados y dos exágonos (como A H F I G, A C E B D, A G X N G'C y A H Y N H'D).

áng. $5_2.\bar{6}.5_2.\bar{6}$, $c_5'' = 12$, $c_6 = 10$, $c = 22$, $v = 30$, $a = 60$, $k = 11$.

6.° También con las mismas aristas que los dos últimos, otro *dodeca-hemi-icosaedro penta-exagonal,* con ángulos plegados tetraédricos, formados, cada uno, por dos pentágonos convexos y dos exágonos (como A C K J H, A D P U G, A G X N G'C y A H Y N H'D).

áng. $5_1.\bar{6}.5_1.\bar{6}$, $c_5 = 10$, $c_6 = 12$, $c = 22$, $v = 30$, $a = 60$, $k = 11$.

7.° (Fig. 66). Un *dodeca-icosaedro tri-pentagonal,* con ángulos sólidos cuadriláteros convexos, que constan, cada uno, de dos triángulos y dos pentágonos estrellados (como A J U, A P K, A P G D U y A K H C J, que concurren en A),

áng. $3.5_2.3.5_2$, $c_3 = 20$, $c''_5 = 12$, $c = 32$, $v = 30$, $a = 60$, $k = 1$.

(Este poliedro y los dos siguientes poseen las mismas aristas).

8.° Un *icosi-hemi-dodecaedro tri-decagonal,* con ángulos tetraédricos plegados. De cada vértice A parten dos caras triangulares A J U, A K P y dos decágonos A K T F R N V B S U, A J O E L N Q I M P de tercera especie.

áng. $3.\overline{10}_3.3.\overline{10}_3$, $c_3 = 20$, $c'''_{10} = 6$, $c = 26$, $v = 30$, $a = 60$, $k = 7$.

9.° Un *sesqui-dodecaedro penta-decagonal,* con ángulos cuadriláteros plegados, compuestos, cada uno, por dos pentágonos y dos decágonos, ninguno convexo (como A P G D U, A K H O J, A K T F R N V B S U y A J O E L N Q I M P, que concurren en A).

áng. $5_2.\overline{10}_3.5_2.\overline{10}_3$, $c''_5 = 12$, $c'''_{10} = 6$, $c = 18$, $v = 30$, $a = 60$, $k = 15$.

III. (Fig. 68). Marquemos en las aristas del dodecaedro platoniano puntos (no medios) que determinen sobre sus caras pentágonos iguales A B C D E, F G H I V, K L M N O,... e igualmente situados respecto de ellas. Los 60 puntos que, así, se obtienen, son vértices de sólidos arquimédicos, solamente si A F = F B, y orignan las cuatro soluciones siguientes:

1.ª Un *icosi-dodecaedro tri-decagonal* convexo, con ángulos triédricos formados por un triángulo y dos decágonos (como A O G, A F B R C Q D P E O y A G N H U I T V J F, que concurren en A).

áng. $3.10_1.10_1$, $c_3 = 20$, $c_{10} = 12$, $c = 32$, $v = 60$, $a = 90$, $k = 1$.

2.ª Un *icosi-bidodecaedro tri-penta-decagonal* estrellado, con ángulos te-

traédricos convexos. En cada vértice A concurren un triángulo A R V, un pentágono convexo P A H Y X y dos decágonos estrellados A P C F E Q B O D R, A H T F N I J G U V.

dng. $3.10_3.5_1.10_3$, $c_3 = 20$, $c'_5 = 12$, $c'''_{10} = 12$, $c = 44$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 19$.

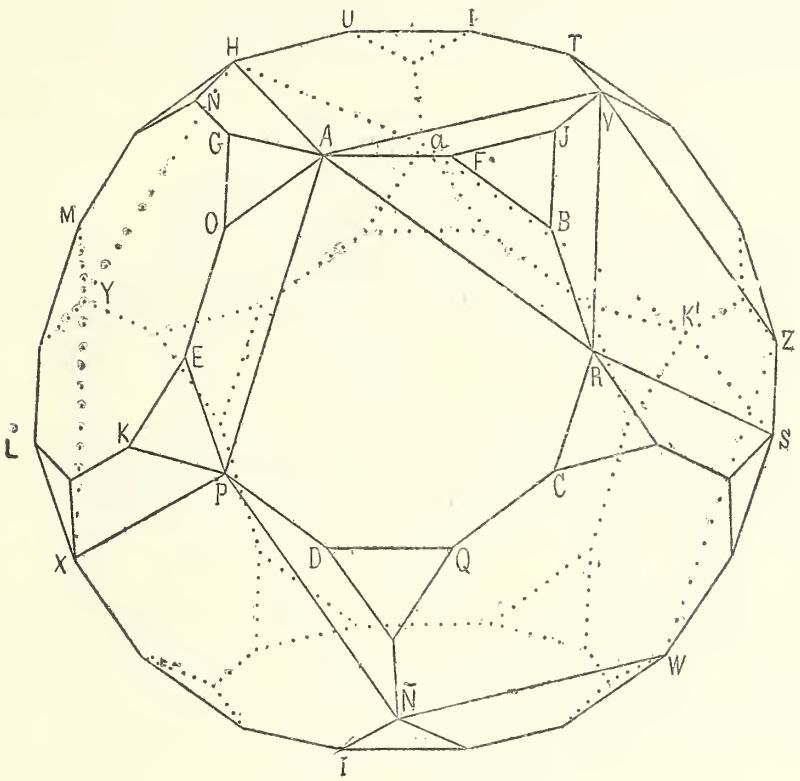


Fig. 68

3.ª Con las mismas aristas que el precedente, un *icosi-dodecaedro exa-decagonal,* con ángulos sólidos plegados de cuatro caras, que son dos exágonos y dos decágonos estrellados (como P A V Z W Ñ, R A H a K'S y A P C F E Q B O D R, A H T F N I J G U V).

dng. $\bar{6}.10_3.\bar{6}.10_3$, $c_6 = 20$, $c'''_{10} = 12$, $c = 32$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 31$.

4.ª También con las mismas aristas, un *dodeca-bi-icosaedro tri-penta-exagonal,* con ángulos cuadriláteros plegados. En un vértice A se juntan un triángulo A R V, un pentágono convexo A P X Y H y dos exágonos P A V Z W Ñ, R A H a K'S).

dng. $3.\bar{6}.5_1.\bar{6}$, $c_3 = 20$, $c_6 = 20$, $c'_5 = 12$, $c = 52$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 11$.

IV. (Fig. 69). En el dodecaedro platoniano, trácense sobre sus caras, y directamente homotéticos y concéntricos con ellas, pentágonos iguales A B C D E, F G H I J, K L M N d',..., y se formarán con sus vértices nuevos polígonos regulares, y otros que sólo serán equiángulos, pero que se convertirán también en regulares, bajo ciertas condiciones, como ocurrirá con el cuadrilátero A F G E, si A F = A E, y con el exágono A F H O P D, si A F = A D.

En el supuesto de ser A F = A E, existen con aquellos vértices los siguientes sólidos arquimédicos:

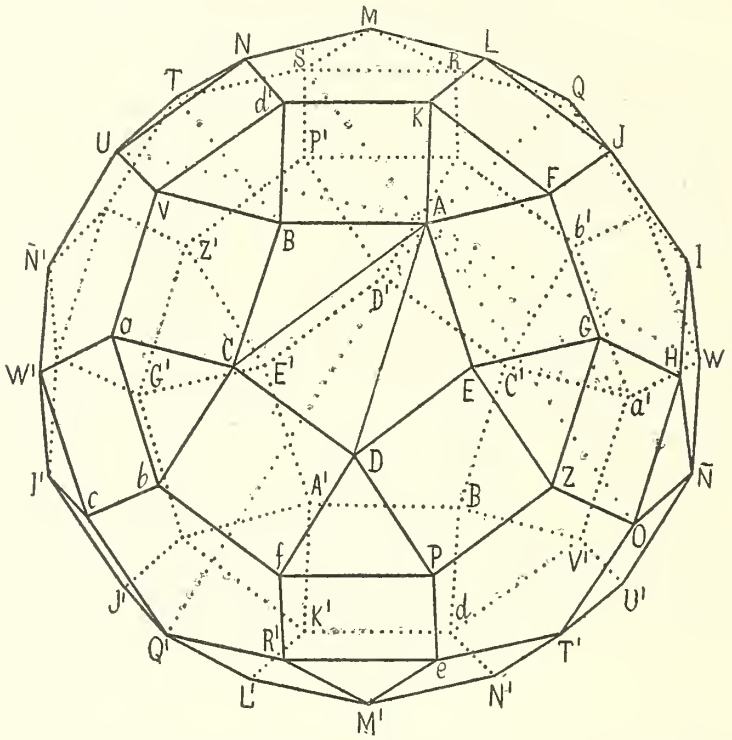


Fig. 69

1.° Un *rombo-icosi-dodecaédrico cuadri-tripentagonal* convexo. Sus ángulos sólidos son de cuatro caras, y en cada uno, como A, se reunen un triángulo A K F, dos cuadrados A K d'B, A E G F y un pentágono convexo A B C D E.

ánq. $3.4.5_1.4$, $c_3 = 20$, $c'_5 = 12$, $c_4 = 30$, $c = 62$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 1$.

2.° Con las mismas aristas que el precedente, un *icosi-bi-dodecaedro tri-pentadecagonal,* con ángulos tetraédricos plegados, compuestos cada uno por un triángulo, un pentágono y dos decágonos, todos convexos (como A K F, A B C D E, A F J Q R S T U V B, A K L Q X W Ñ O Z E, que concurren en A).

ánq. $3.\overline{10}_1.5_1.\overline{10}_1$, $c_3 = 20$, $c'_5 = 12$, $c'_{10} = 12$, $c = 44$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 19$.

3.° También con las mismas aristas, un *rombo dodecaédrico cuadri-decagonal,* con ángulos plegados de cuatro caras, que son dos cuadrados y dos decágonos convexos (como AFGE, ABd'K, AFJQRSTUVB, AKLQXWÑOZE, que pertenecen al ángulo A).

áng. $4.\overline{10}_1.4.\overline{10}_1$, $c_4 = 30$, $c'_{10} = 12$, $c = 42$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 21$.

4.° Un *bi-dodecaedro penta-decagonal* estrellado, con ángulos triédricos. En cada vértice A concurren un pentágono convexo A U G d'O y dos decágonos estrellados A Q T B J S V F R U, A Q Ñ E L W Z K X O.

áng. $5_1.10_3.10_3$, $c'_5 = 12$, $\dot{c}'''_{10} = 12$, $c = 24$, $v = 60$, $a = 90$, $k = 9$.

Si A D = A F, resultan cuatro soluciones, a saber:

1.° Un *dodeca-bi-icosaedro tri-penta-exagonal* estrellado, con ángulos cuadriláteros convexos. En un vértice A se juntan un triángulo A K F, un pentágono estrellado A D B E C y dos exágonos A F H O P D, A K N U a C.

áng. $3.6.5_2.6$, $c_3 = 20$, $c''_5 = 12$, $c_6 = 20$, $c = 52$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 11$.

(Este poliedro y los dos siguientes poseen las mismas aristas).

2.° Un *icosi-dodecaedro exa-decagonal,* con ángulos sólidos plegados de cuatro caras, que son dos exágonos y dos decágonos convexos (como A F H O P D, A K N U a C, A F I W V'd L'Q'b C y A K M S Z'G'J'Q'e D, concurrentes en A).

áng. $6.\overline{10}_1.6.\overline{10}_1$, $c_6 = 20$, $c'''_{10} = 12$, $c = 32$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 31$.

3.° Un *icosi-bi-dodecaedro tri-penta-decagonal,* con ángulos tetraédricos plegados. En un vértice A concurren un triángulo A F K, un pentágono estrellado A D B E C y dos decágonos convexos A F I W V'd L'Q'b C, A K M S Z'G'J'Q'f D).

áng. $3.\overline{10}_1.5_2.\overline{10}_1$, $c_3 = 20$, $c''_5 = 12$, $c'_{10} = 12$, $c = 44$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 19$.

4.° Un *dodeca-icosaedro tri-decagonal* estrellado, con ángulos triédricos, cerrados cada uno por un triángulo y dos decágonos estrellados (como A W S, A W L'C I d b F V'Q' y A S J'D M G'f K Z'Q', que concurren en A).

áng. $3.10_3.10_3$, $c_3 = 10$, $c'''_{10} = 12$, $c = 32$, $v = 60$, $a = 90$, $k = 1$.

Si B T = B E (lo que es posible) resulta una sola solución, que es un *icosi-dodecaedro penta-exagonal* estrellado, con ángulos triédricos. En el vértice B concurren un pentágono estrellado B E C A D y dos exágonos B E Ñ a'P'T, B D M'K'Z'T.

áng. $5_2.6.6$, $c''_5 = 12$, $c_6 = 20$, $c = 32$, $v = 60$, $a = 90$, $k = 1$.

v. (Fig. 70). Sobre las caras de dodecaedro platoniano, dibujemos los pentágonos iguales A B C D E, F Ñ P V G,..., inversamente homotéticos, con relación a sus centros, de las respectivas caras en que yacen. Con grupos de sus vértices, se forman nuevos polígonos regulares, y otros solamente equiángulos, pero que también se convierten en regulares, bajo ciertas condiciones, como ocurrirá, por ejemplo, con el exágono A B F G H I, si A B = B F; con el cuadrilátero, G A C N, si A C = A G, y con el decágono B F V W X R′Q′Z L E, si B F=B E,

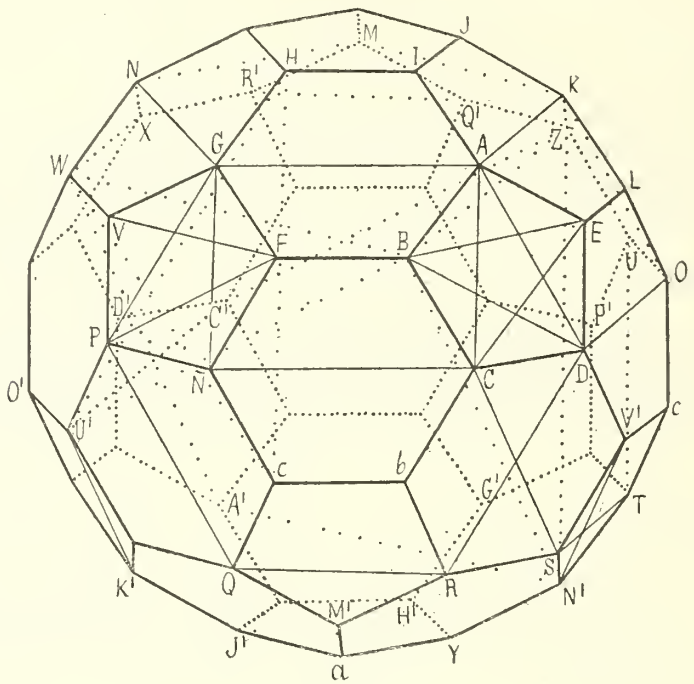


Fig. 70

El supuesto de ser A B = B F origina un poliedro arquimédico, que es un *icosi-dodecaedro exapentagonal,* convexo, de ángulos triédricos. Las tres caras, que parten de un vértice A, son dos exágonos A B F G H I, A I J K L E y un pentágono A B C D E.

áng. $5_1.6.6.$, $c'_5 = 12$, $c_6 = 20$, $c = 32$, $v = 60$, $a = 90$, $k = 1$.

En el supuesto de ser A C = A G, resultan las siguientes soluciones:

1.ª Un *rombo-bi-dodecaédrico tetra-pentagonal,* estrellado, con ángulos tetraédricos convexos. En cada vértice A concurren un pentágono convexo A K M N G, otro estrellado A C E B D y dos cuadrados A G Ñ C y A D O K.

áng. $4.5_1.4.5_2$ $c_4 = 30$, $c'_5 = 12$, $c''_5 = 12$, $c = 54$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 9$.

2.ª Un *rombo icosaédrico tetra-exagonal,* con ángulos sólidos cuadriláteros plegados, compuestos, cada uno A, por dos caras cuadradas A G Ñ C, A D O K y dos exagonales A G P Q R D, A C S T U K.

áng. $4.\bar{6}.4.\bar{6}$, $c_4 = 30$, $c_6 = 20$, $c = 50$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 13$.

Sus aristas coinciden con las del poliedro precedente.

3.ª También con las mismas aristas, un *icosi-bi-dodecaedro penta-exagonal* con ángulos sólidos cuadriláteros plegados, compuestos cada uno por dos exágonos, un pentágono convexo y otro estrellado (como A G P Q R D, A C S T U K, A K M N G y A C E B D, que concurren en A).

áng. $5_1.\bar{6}.5_2.\bar{6}$, $c'_5 = 12$. $c''_5 = 12$, $c_6 = 20$, $c = 44$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 19$.

Si B F = B E, las soluciones son:

1.ª Un*bi-dodecaedro penta-decagonal* estrellado, con ángulos triédricos, cerrados cada uno por un pentágono estrellado y dos decágonos convexos (como B E C A D, B F V W X R'Q'Z L E y B F P U'K'J'Y N'V'D, concurrentes en B).

áng. $5_2.10_1.10_1$, $c''_5 = 12$, $c'''_{10} = 12$, $c = 24$, $v = 60$, $a = 90$, $k = 9$.

2.ª Un *icosi-bidodecaedro tri-penta-decagonal* estrellado, de ángulos sólidos convexos tetraédricos. En cada vértice B se juntan una cara B W c H U' de cinco lados, dos de diez B Z X F L R'V E Q'W, B N'K'F V'J'P D Y U' (todas estrelladas) y un triángulo B Z N'.

áng. $3.10_3.5_2.10_3$, $c_3 = 20$, $c''_5 = 12$, $c'''_{10} = 12$, $c = 44$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 19$.

3.ª Con las mismas aristas que el sólido anterior, un *rombo-dodecaédrico tetra-deacgonal,* de ángulos sólidos cuadriláteros plegados. En un vértice B concurren dos cuadrados B W A'N', B Z C'U y dos decágonos estrellados B Z X F L R'V E Q'W y B N'K F V'J'P D Y U'.

áng. $\bar{4}.10_3.\bar{4}.10_3$, $c_4 = 30$, $c'_{10} = 12$ $c = 42$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 21$.

4.ª También con las mismas aristas, un *rombo icosi-dodecaédrico tri-cuadri-pentagonal,* de ángulos sólidos cuadriláteros plegados. En un vértice B se reunen dos cuadrados B W A'N', B Z C'U', un triángulo B Z N' y un pentágono estrellado B W c H U'.

áng. $3.\bar{4}.5_2.\bar{4}$, $c_3 = 20$, $c_4 = 30$, $c''_5 = 12$, $c = 62$, $v = 60$, $a = 120$, $k = 1$.

VI. (Fig. 71). Consideremos, finalmente, el caso en que los pentágonos auxiliares, regulares e iguales, dibujados sobre las caras del dodecaedro platoniano, concéntricos con ellas e idénticamente colocados respecto de las mismas, no ocupan ninguna de las posiciones examinadas en los cinco casos precedentes. Con grupos de los 60 puntos auxiliares que así se obtienen, se forman nuevos pentá-

gonos y triángulos que son regulares, y otros polígonos que llegan a serlo, bajo ciertas condiciones; y se originan las soluciones siguientes:

1.° (Fig. 71. No se ha representado más que la parte visible del dodecaedro). Los pentágonos auxiliares A B C D E,... trazados sobre las caras que concurren en un vértice N, son simétricos respecto del eje ternario que pasa por N. Sea A el punto auxiliar más próximo a N. Entre las distancias homólogas, se cumplirán las relaciones A G = G H = H A, F A = E H. Se tiene también F G = A B, A G = F B, como distancias simétricas, respecto del eje bisector de la arista N O. Si el tamaño y posición de los pentágonos auxiliares es tal que A B=B F=F A (lo que puede lograrse) resultan equiláteros los triángulos A B F, A F G, A G H, A H E; y juntamente con sus homólogos y con aquellos pentágonos, cierran un sólido arquimédico convexo, llamado *ene-contadiedro*. Sus ángulos sólidos están formados por cinco caras, que son cuatro triángulos y un pentágono convexo.

áng. $3.3.3.3.5_1$, $c_3 = 80$, $c'_5 = 12$, $v = 60$, $a = 150$, $k = 1$.

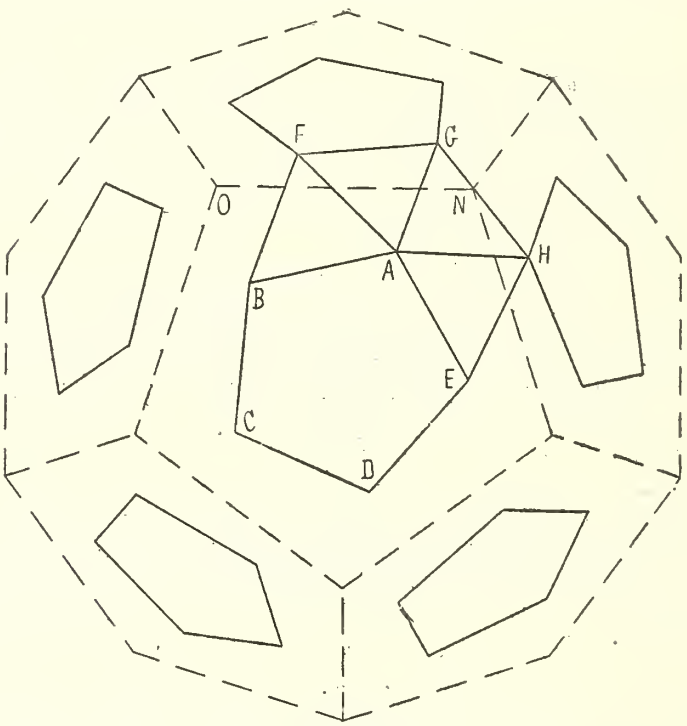


Fig. 71

De sus 80 caras triangulares, 20 (la A H G y sus homólogas) caen sobre un icosaedro platoniano, y las otras 60 sobre un pentagonoedro de Kepler. Las caras pentagonales están sobre el dodecaedro auxiliar.

2.° (Fig. 72). Para no complicarla, sólo se han representado 7 de los 12 pentágonos auxiliares). En los situados en las caras que cercan a la M N O P Q, los vértices más próximos a dicha cara forman un pentágono estrellado A C E B D; el punto A y sus simétricos F y G, respecto del eje ternario que pasa por W, son vértices de un triángulo equilátero A F G; y resultan (respecto del eje binario bisector de la arista P Ñ) C simétrico de F. Será D el punto simétrico de G con relación al eje binario bisector de la arista NX; y, si H lo es de G, resulta GH=AD, G H = A C, triáng. A D H = triáng. C A F. De todo lo cual se infiere que, si A C = C F = F A (lo que es posible) serán regulares los triángulos A C F, A F G, A G H, A H D; y juntamente con el pentágono estrellado A C E B D y los homólogos de todos esos cinco polígonos cierran un poliedro arquimédico, que es un *ene-contadiedro* estrellado, con ángulos pentaédricos convexos.

áng. $3.3.3.3.5_2$, $c_3 = 80$, $c''_5 = 12$, $c = 92$, $v = 60$, $a = 150$, $k = 1$.

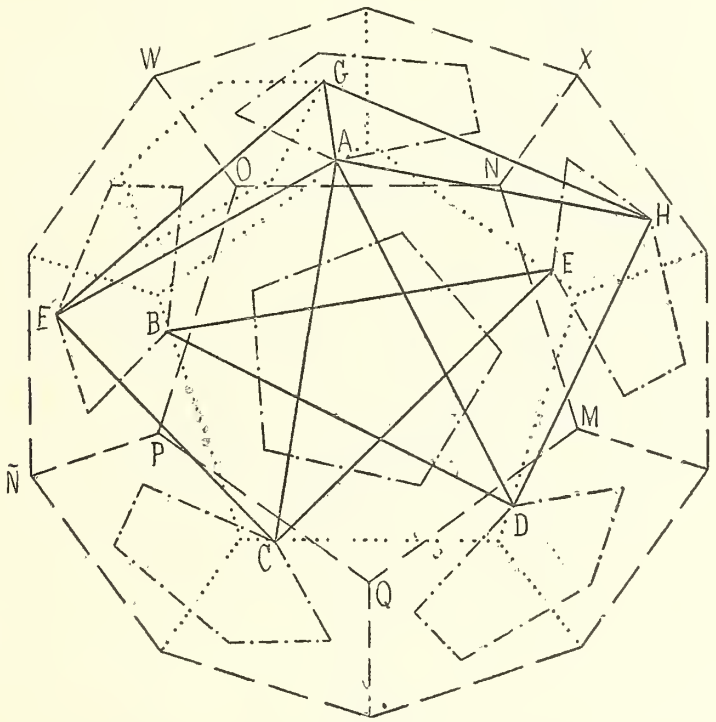


Fig. 72

3.° (Fig. 73. Sólo se han representado 6 pentágonos auxiliares. En el situado sobre la cara N O W V x, escojamos, entre sus dos vértices más próximos a la arista N O, el más distante A. Este punto y sus homólogos con relación al eje quinario correspondiente a la cara M N O P Q, forman un pentágono estrellado

A C E B D. Sean, respecto del eje binario, mediatriz de O W, H el punto simétrico de A, G el de D; y respecto del eje binario bisector de Q R, sea F el punto simétrico de C. Serán idénticos los triángulos A H D, H A G, C F A; y equilátero el A F G, porque tiene por eje ternario el que pasa por Ñ. Si A C = C F = F A (lo que es posible) resultan regulares aquellos cuatro triángulos; y unidos al pentágono estrellado A C E B D y a los homólogos de estos cinco polígonos, forman un sólido arquimédico, que es otro *ene-contadiedro,* con ángulos pentaédricos, constituídos cada uno por un pentágono estrellado y cuatro triángulos, de los cuales los dos contiguos al pentágono se cortan. Sus elementos c_3, c''_5, c, v, a y k son los mismos que los del poliedro anterior.

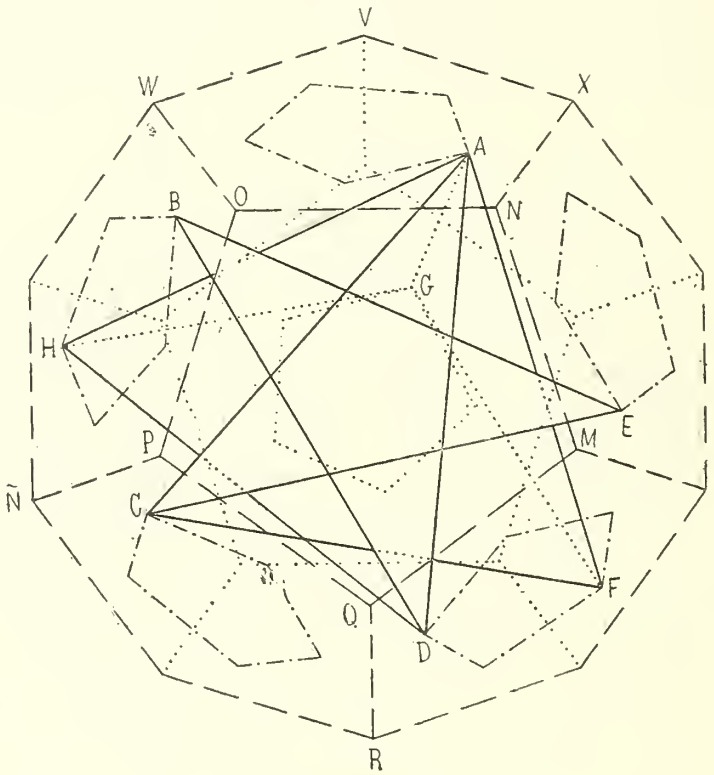


Fig. 73

4.° (Fig. 74. Sólo se han representado 6 pentágonos auxiliares). En el situado sobre la cara N O W V X, escojamos, entre los tres vértices más próximos a la arista N O, el más lejano A. Este punto y sus homólogos, con relación al eje quinario de la cara M N O P Q, son vértices de un pentágono estrellado ACEBD. Si respecto del eje binario, mediatriz de la arista Q R, es F simétrico de A, y G de

C; y respecto del eje binario, mediatriz de la arista O W, es H simétrico de D' serán idénticos los triángulos A C F, A F G, A H D, y se convertirán en regulares, si A C = C F = F A (lo que puede conseguirse). Y entonces, estos tres triángulos, el A G H, que también es equilátero, pues posee un eje ternario (el que pasa por N), el pentágono estrellado A C E B D y los homólogos de todos estos polígonos cierran un sólido arquimédico, que es otro *ene-contadiedro,* con ángulos pentaédricos de segunda especie, es decir, cuyas caras no contiguas se cortan dos a dos. Las caras poligonales, que concurren en cada vértice A, son un pentágono estrellado A C E B D y cuatro triángulos A C F, A F G, A G H y A H D. Sus elementos c_3, c''_5, c, v, a y k son los mismos que en los dos poliedros precedentes.

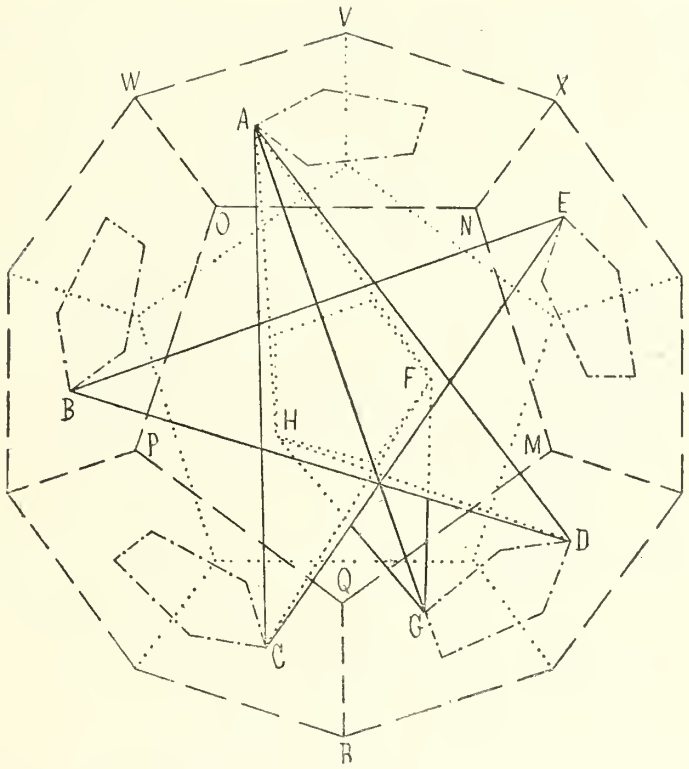


Fig. 74

En los tres ene-contadiedros estrellados, sus 12 pentágonos yacen sobre los planos de las caras de un dodecaedro platoniano; y de sus 80 triángulos, 20 (el A F G y sus homólogos) caen sobre las caras prolongadas de un icosaedro regular, y las otras 60 sobre las caras, también prolongadas de un pentágonoedro kepleriano.

5.° (Fig. 75. No se han representado las caras ocultas del dodecaedro). Sustituyamos los pentágonos auxiliares convexos por los estrellados A F G H I,... que tienen los mismos vértices. En los situados en las caras que cercan a la M N O P Q del dodecaedro, los vértices más próximos a dicha cara forman un pentágono regular convexo A C E B D. Si, respecto del eje binario bisector de N X son simétricos A de J y D de I; y con relación al eje binario correspondiente a la arista M T es F simétrico de C, son idénticos los triángulos A C F, A I J, A J D, y se convierten en regulares, bajo la hipótesis posible de ser A C = C F = A F. Dichos triángulos, el pentágono convexo A C E B D y el estrellado A F G H I forman un ángulo sólido pentaédrico de vértice A; y los cinco polígonos, unidos a sus homólogos, cierran un poliedro de Arquímedes, estrellado, con ángulos pentaédricos convexos.

dng. $3.3.5_1.3.5_2$, $c_3=60$, $c'_5=12$, $c''_5=12$, $c=84$, $v=60$, $a=150$, $k=9$.

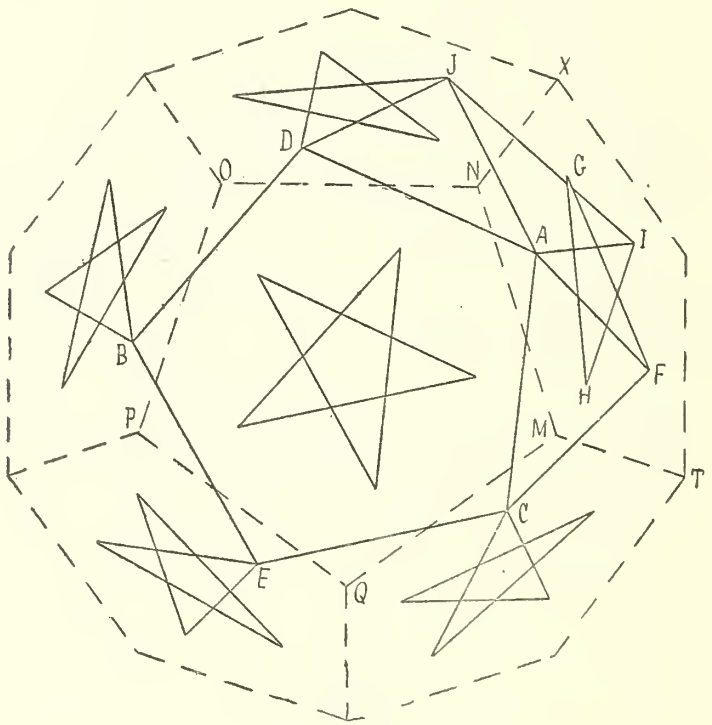


Fig. 75

Sus pentágonos estrellados caen sobre un dodecaedro platoniano, y sobre otro los convexos. En cuanto a los triángulos, yacen sobre las caras prolongadas de un poliedro de Kepler, terminado por caras de cinco lados. En su consecuencia, daremos a este poliedro arquimédico el nombre de *pentagonoedro bi-dodecaedral.*

6.° (Fig. 76. Para simplificarla, se han omitido algunos de los pentágonos auxiliares). En los situados sobre las caras que cercan a la M N O P Q del dodecaedro, los vértices más próximos a dicha cara forman un pentágono regular estrellado A C E B D. En las caras que cercan a la U V X Y Z, opuesta de la P Q R S Ñ, los puntos auxiliares más distantes de aquélla forman otro pentágono regular convexo A F G H I; y resultan I simétrico de D (respecto del eje binario bisector de la arista O P) y A de un punto auxiliar J. Si A J = J I = I A (hipótesis admisible) se convierten en regulares los triángulos A J I, A J D, A F C;

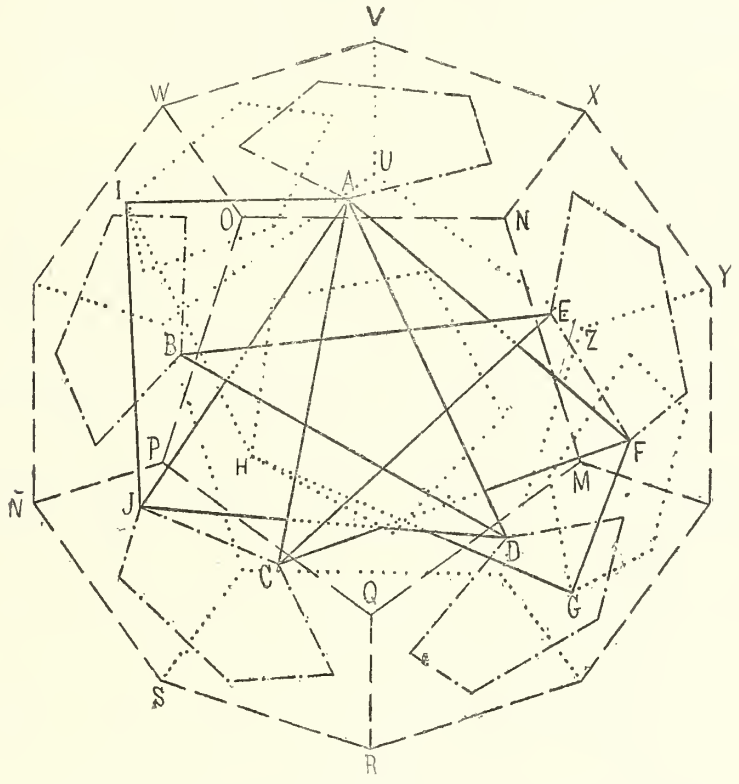


Fig. 76

porque serán A J D simétrico de A J I respecto de aquel eje binario; y A F C simétrico de A J I con relación al eje quinario de la cara P Q R S Ñ. Estos tres triángulos, el pentágono estrellado A C E B D y el convexo A F G H I, juntamente con todos sus homólogos, cierran un sólido arquimédico, que es otro *pentagonoedro bi-dodecaedral,* con los mismos elementos c_3, c'_5, c''_5, c, v, a y k que el anterior. En un vértice A concurren un pentágono convexo A F G H I, uno estrellado A C E B D y tres triángulos A J I, A J D, A F C. Los dos últimos, es decir, los dos contiguos a la cara estrellada, se cortan.

VII. Los seis sólidos de ángulos pentaédricos que acabamos de mencionar,

pueden ser *directos* o *retrógrados,* según sea la situación de los pentágonos auxiliares sobre el dodecaedro de donde se derivan (3).

VIII. Los sólidos arquimédicos, que hemos derivado del dodecaedro regular, no originan ninguno inarmónico.

X.—Situación de los vértices de un poliedro arquimédico, armónico y biforme

35. *Los vértices de un poiedro arquimédico armónico, biforme* (*) *forman octógonos iguales, situados sobre las caras no prolongadas de un cubo; o decágonos también iguales, situados sobre las caras no prolongadas de un dodecaedro platoniano; y, en ambos casos, dichos polígonos, por su forma y situación, poseen los mismos ejes que la cara en que yacen.*

Demostración.—El poliedro arquimédico, por ser armónico, posee polígonos determinantes, y, por consiguiente, uno o más ejes no binarios; pero no puede poseer uno solo, porque sería un prisma o un obelisco, que son uniformes, luego tiene más de uno; y, por tanto, los razonamientos hechos para los poliedros uniformes en el párrafo 30, subsisten para los biformes, con tal que se apliquen, no a todos sus vértices, sino solamente a los de sus ángulos sólidos iguales. Podemos, pues, afirmar que, en dichos poliedros biformes, los vértices de los ángulos sólidos iguales caen sobre las caras no prolongadas de un poliedro platoniano *s* de 4, 6 ó 12 caras, ya en coincidencia con sus centros, o ya formando polígonos regulares, semejantes y concéntricos con ellas e igualmente situados respecto de las mismas. El sistema de estos vértices y el de todos los otros son figuras simétricas; y así, el segundo caerá también sobre otro sólido platoniano *s'* simétrico de *s,* e igual por consiguiente a *s;* pero *s* y *s'* poseen los mismos ejes de simetría; luego son uno mismo, a no ser que *s* sea un tetraedro, pues entonces podría también *s'* ser el tetraedro simétrico de *s,* respecto de su centro. Por esta excepción, y porque los vértices del sólido arquimédico pueden o no coincidir con los centros de las caras de *s* y *s'*, se orginan diversos casos, que vamos a analizar separadamente.

1.° Si los vértices de los ángulos sólidos iguales del poliedro arquimédico son los centros de las caras de *s,* en los mismos centros caerán también los vértices de los otros ángulos simétricos de los anteriores; pero si *s* es un tetraedro, podrán caer sobre el tetraedro *s'* simétrico de *s* respecto del centro de la esfera circunscrita; y entonces los centros de las caras de *s* y *s'* serán los vértices de un cubo. Luego en el supuesto actual, los vértices del poliedro arquimédico deberán ser los de uno regular de 4, 6, 20 u 8 caras. Pero ninguno de estos cuatro origina solución: los tres primeros, porque no existe ningún poliedro arquimédico con sus mismos vértices; y el cuarto, porque el tetraedro hemi-cúbico, que de él se deriva, tiene iguales todos sus ángulos sólidos; y por consiguiente, no es biforme. Luego,

(*) Sobraría la condición de que el poliedro sea armónico, si se supiera ya que lo son todos los biformes.

en definitiva, el caso que hemos analizado no ocasiona ningún sólido arquimédico biforme.

2.° Si los vértices de ángulos sólidos iguales, en un poliedro de esta naturaleza, caen sobre un tetraedro regular *s*, sobre el mismo o sobre su simétrico, respecto del centro de la esfera circunscrita, caerán también los demás vértices. Admitiendo el segundo supuesto, dichos vértices formarán sobre las caras de los tetraedros *s* y *s'* 8 triángulos equiláteros iguales. Si sus lados son respectivamente paralelos a los de la cara en que yacen, como ocurre con el A B C dibujado sobre la cara H K L (figs. 77 y 78) es fácil ver que los vértices de estos 8 triángulos están sobre las caras no prolongadas de un cubo, formando cuadrados iguales, con-

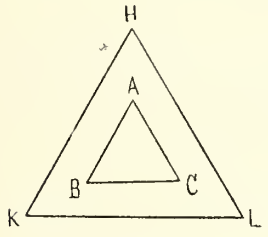


Fig. 77

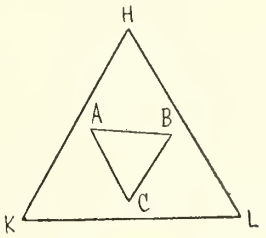


Fig. 78

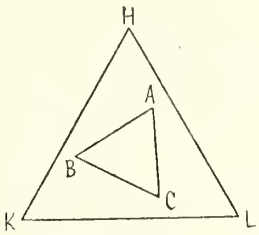


Fig. 79

céntricos con ellas y en idéntica situación; por cuyo motivo sólo podrán originar poliedros uniformes (estudiados anteriormente). Pero, si tal paralelismo no existe, como en la figura 79, tampoco existe el poliedro arquimédico. Para convencernos, dibujemos sobre las 8 caras de los dos tetraedros *s* y *s'*, o lo que es lo mismo, sobre las 8 caras de un octaedro regular (fig. 80) triángulos equiláteros, iguales,

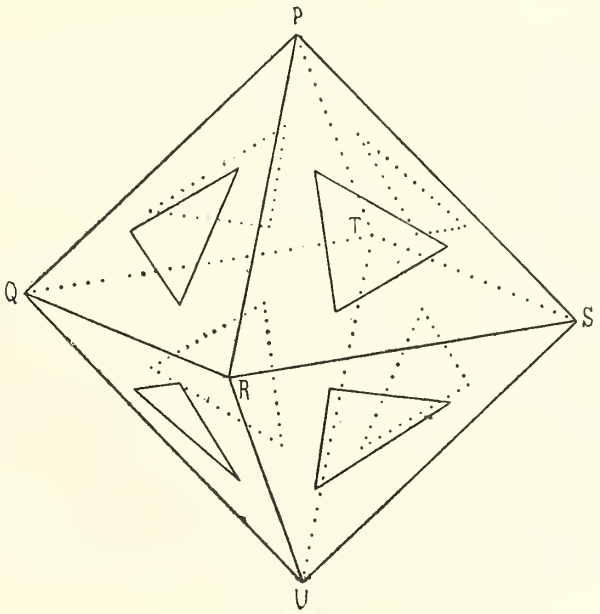


Fig. 80

concéntricos con ellas, igualmente situados los de las 4 caras alternas, PQR, RUS, S T P y T Q U; y en situación simétrica los de las otras 4. Si existiera algún poliedro arquimédico, que tuviera por vértices los de estos triángulos, podrían formarse con aquéllos polígonos regulares con más de tres lados, lo que no ocurre. Luego, en definitiva, en un poliedro arquimédico armónico y biforme, no es posible que los vértices de los ángulos sólidos iguales caigan sobre un tetraedro regular *s* y los otros sobre el simétrico *s'* de *s*.

3.° Tampoco es posible que todos los vértices caigan sobre un tetraedro regular. Efectivamente, si cayeran, formarían sobre sus caras, como H K L (fig. 81)

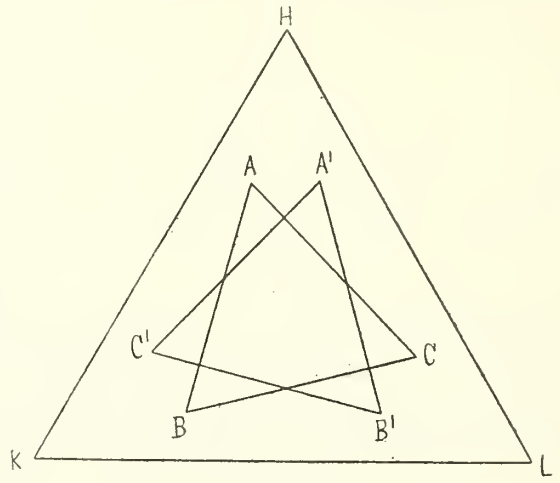


Fig. 81

parejas iguales de triángulos discordes, como A B C y A'B'C', o lo que es equivalente, exágonos iguales, como A A'C B'B C', con los mismos ejes de la cara en que yacieran. Pero el único sólido arquimédico que tiene por vértices tales exágonos, no es biforme, sino uniforme, es un cubo-octaedro de ángulos triedros, (fig. 82), constituído cada uno por dos exágonos y un cuadrado (como C B'B C'A A', C B'G'G F E y C E E'A', que concurren en el vértice C).

4.° De lo expuesto se deduce, que los vértices de los ángulos sólidos iguales, en un poliedro arquimédico, armónico y biforme, caen sobre las caras no prolongadas de uno platoniano *s* de 6 ó 12 caras, y que sobre el mismo caen también los demás vértices, formando entre unos y otros parejas iguales de polígonos discordes, que serán cuadrados A B C D y A'B'C'D' para el cubo (fig. 83), y pentágonos regulares A B C D E y A'B'C'D'E' para el dodecaedro (fig. 84), tales que los de cada cara, H K L M o H K L M N, sean concéntricos con ella y se hallen simétricamente colocados respecto de los ejes de la misma. De todo lo cual se infiere que los vértices de cada pareja determinarán un octógono A D'B C'C B'D A' (si *s* es un cubo) o un decágono A E'B D'C C'D B'E A' (si *s* es un dodecaedro), y cada

uno de estos polígonos tendrá los mismos ejes de la cara en que yace; de acuerdo con el enunciado.

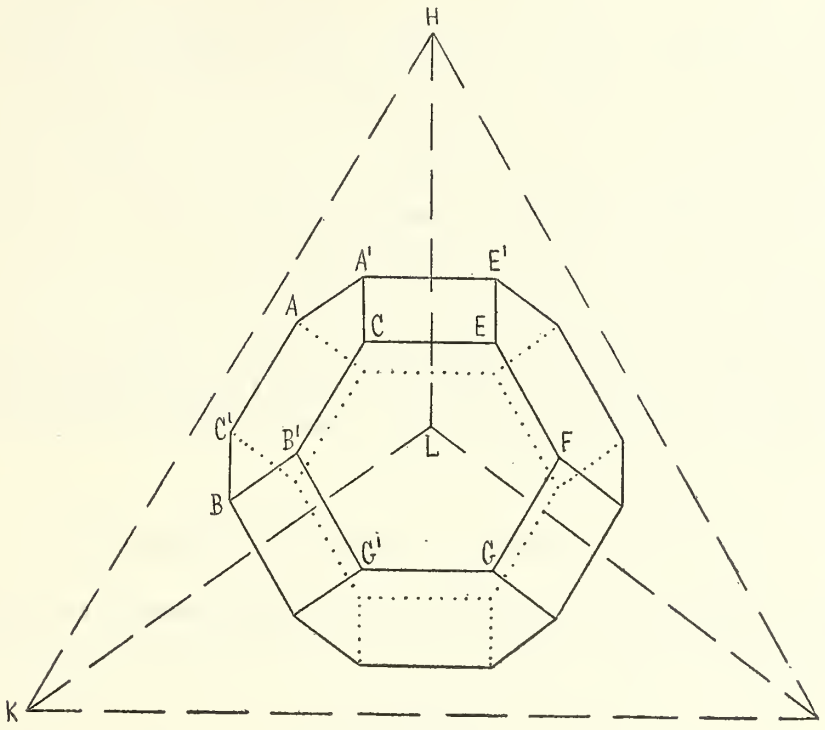


Fig. 82

36. La proposición precedente nos da el medio de descubrir los poliedros arquimédicos biformes: basta dibujar, sobre las caras del cubo, octógonos iguales; y sobre las del dodecaedro regular convexo, decágonos también iguales; y tanto unos

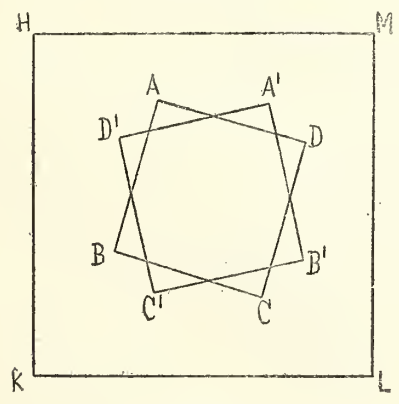


Fig. 83

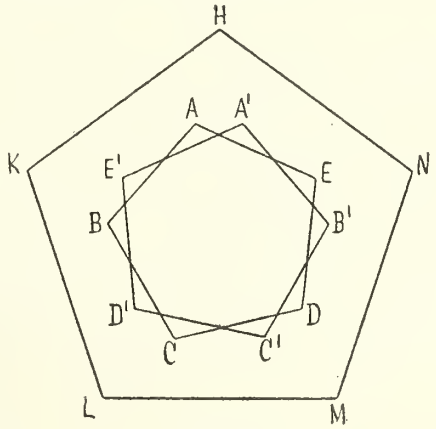


Fig. 84

como otros, de tal forma y situación que posean los mismos ejes de la cara en que yacen (con lo cual tendrán la propiedad de ser equiángulos y con sus lados alternos iguales) y examinar si, mediante variaciones convenientes de sus elementos, se puede con todos sus vértices formar algún poliedro arquimédico, para lo cual deberá observarse qué polígonos regulares, convexos o estrellados, se determinan con grupos de aquellos vértices; y qué combinaciones de esos polígonos son las que cierran ángulos sólidos. Se obtendrán, así, los poliedros arquimédicos biformes que sean armónicos; y de ellos, si existen—ya veremos que no,—se deducirán los inarmónicos, dislocando alguna de sus partes, de manera que en el nuevo poliedro conserven la misma forma los ángulos sólidos. Es de advertir que los octógonos y decágonos, de que hemos hablado, no pueden estar inscritos en las caras del consabido cubo o dodecaedro; porque, en tal caso, sus vértices serían los de cuadrados iguales o de pentágonos también iguales inscritos respectivamente en las caras de aquellos dos poliedros, concéntricos con ellas e idénticamente situados; y, por consiguiente, los poliedros arquimédicos, que originarían serían uniformes, los estudiados en los párrafos 33-III y 34-III.

XI.—Poliedros arquimédicos biformes, derivados del cubo

37. I (Fig. 85). Para descubrirlos, según el procedimiento que acabamos de indicar, debemos trazar sobre las caras no prolongadas de un cubo y no ins-

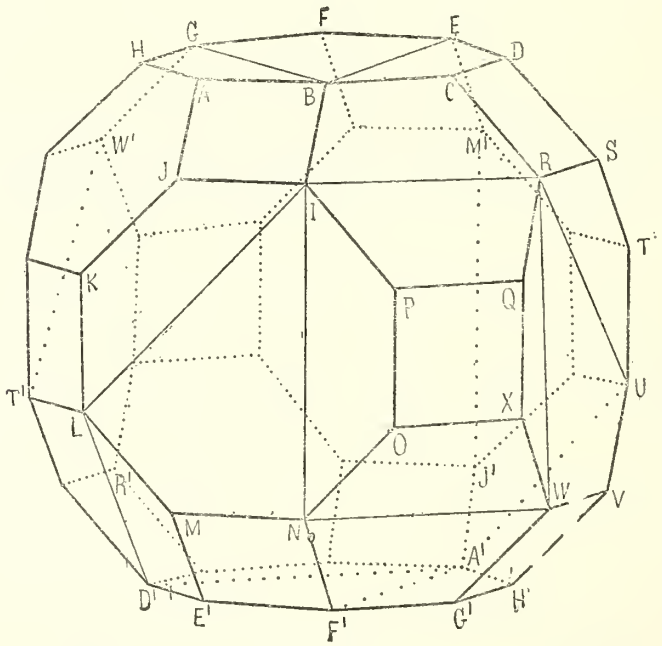


Fig. 85

citos en ellas, los octógonos iguales A B C D E F G H, I J K L M N O P, Q R S T U V W X,... que tengan los mismos ejes que la cara en que yacen. Esos octógonos resultan equiángulos, con sus lados alternos iguales; y de las mismas propiedades gozan ciertos cuadriláteros, como A B I J, H C P K y ciertos exágonos, como B C R Q P I, A J O X S D. Todos estos polígonos pueden convertirse en regulares bajo ciertas condiciones, y se originan los siguientes poliedros arquimédicos biformes:

1.° Si A B = A J = A H, un *rombo cubo-octaédrico cuadri-exa-octogonal,* convexo, con ángulos sólidos de tres caras, que son un cuadrado A B I J, un exágono I P Q R C B y un octógono convexo I P O N M L K J.

dng. $4.6.8_1$, $c_4 = 12$, $c_6 = 8$, $c'_8 = 6$, $c = 26$, $v = 48$, $a = 72$, $k = 1$.

2.° Si A B = A H y K P = P C, otro *rombo cubo-octaédrico cuadri-exa-octogonal,* estrellado, con ángulos sólidos de tres caras, que son un cuadrado I N W R, un exágono I R U A′D′L y un octógono estrellado I L O J M P K N.

dng. $4.6.8_3$, $c_4 = 12$, $c_6 = 8$, $c'''_8 = 6$, $c = 26$, $v = 48$, $a = 72$, $k = 1$.

3.° Si A B = A H y A J = J O, un *octaedro bi-cúbico exa-octogonal,* estrellado, con ángulos triedros. En cada vértice I concurren un exágono I B G W′T′L, un octógono estrellado I L O J M P K N y otro convexo I B E M′J′A′F′N.

dng. $6.8_1.8_3$, $c_6 = 8$, $c'_8 = 6$, $c'''_8 = 6$, $c = 20$, $v = 48$, $a = 72$, $k = 7$.

II. Los tres poliedros biformes, que acabamos de describir, por tener triédricos sus ángulos sólidos, no admiten dislocación que los convierta en nuevos poliedros; y no originan, por consiguiente, ninguno inarmónico.

XII. Poliedros arquimédicos biformes, derivados del dodecaedro regular

38. I. (Fig. 86). Sus vértices son los de los decágonos iguales trazados sobre las caras no prolongadas de un dodecaedro platoniano, no inscritos en ellas, y de tal forma y situación que posean los mismos ejes de las caras en que yacen. Tales decágonos A B C D E F G H I J, $A_1B_1C_1D_1E_1F_1G_1H_1I_1J_1$,... resultan equiángulos, con sus lados alternos iguales; y de ambas propiedades participan también otros polígonos, como los cuadriláteros A B A_1B_1, A H G_2D_2, los exágonos A J $E_2D_2C_1B_1$, C F $E_4H_4G_5J_5$ y los decágonos $A_1B_1E_2F_2G_3H_3E_4F_4I_5J_5$ J_4G_4D A $D_2A_2g_5j_5a_1c_1$. Todos ellos se convierten en regulares, cuando ciertas distancias se hacen iguales; y originan los cuatro poliedros arquimédicos siguientes:

1.° Si A B = A J = A B_1, un *rombo icosi-dodecaédrico cuadri-exa-decagonal,* convexo, con ángulos triedros, formados cada uno por un cuadrado, un exágono y un decágono convexo (como A B_1A_1B, A J $E_2D_2C_1B_1$, A B C D E F G H I J, que parten de A.)

dng. $4.6.10_1$, $c_4 = 30$, $c_6 = 20$, $c'_{10} = 12$, $c = 62$, $v = 120$, $a = 180$, $k = 1$.

2.° Si $A_1F_1 = A_1F_4 = A_1F_2$ (y entonces el decágono A B C D E F G H I J no es regular) otro *rombo icosi-dodecaédrico cuadri-exa-decagonal,* estrellado, con ángulos triedros. En un vértice A_1 concurren un cuadrado $A_1F_1A_2F_2$, un exágono $A\,F_4A_4a\,f\,F_1$ y un decágono estrellado $F_4A_1F_2$..., con los mismos vértices que el convexo $A_1B_1E_2F_2G_3H_3E_4F_4I_5J_5$.

dng. $4.6.10_3$, $c_4 = 30$, $c_6 = 20$, $c'''_{10} = 12$, $c = 62$, $v = 120$, $a = 180$, $k = 1$.

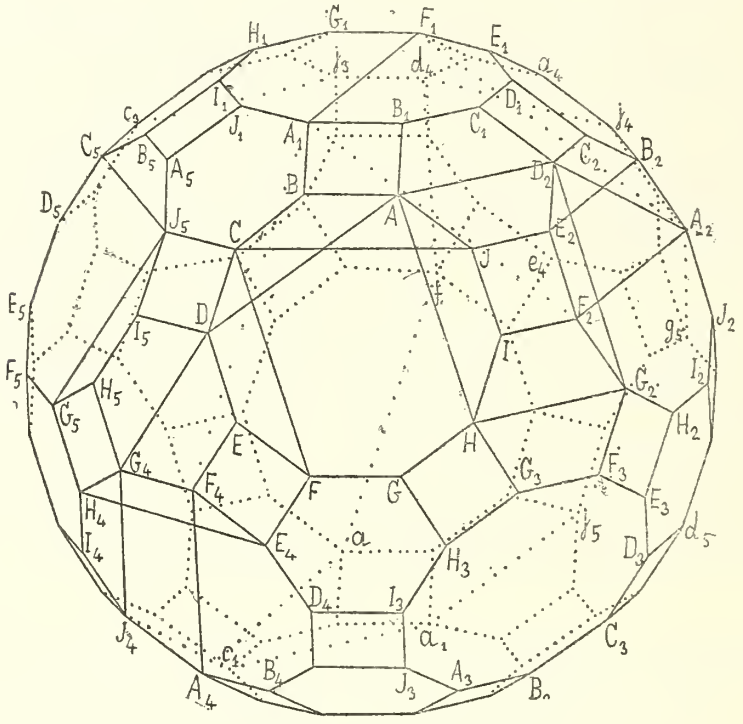


Fig. 86

3.° Si $A\,B = A\,J$ y $A\,D = A\,D_2$, un *rombo bi-dodecaédrico cuadri-decagonal* estrellado, de ángulos triedros. Las caras concurrentes en A son un cuadrado $A\,H\,G_2D_2$, un decágono estrellado A H E B I F C J G D y otro convexo $A\,D\,G_4J_4c_1a_1j_1g_5A_2D_2$.

dng. $4.10_1.10_3$, $c_4 = 30$, $c'_{10} = 12$, $c'''_{10} = 12$, $c = 54$, $v = 120$, $a = 180$, $k = 9$.

4.° Si $A\,B = A\,J$ y $C\,J = J\,E_2$, un *icosi-bi-dodecacdro exa-decagonal* estrellado, de ángulos triedros. De un vértice C parten un decágono convexo $C\,J\,E_2B_2j_4d_4j_3c_3C_5J_5$, otro estrellado C F I B E H A D G y un exágono $C\,F\,E_4H_4G_5J_5$.

dng. $6.10_1.10_3$, $c_6 = 20$, $c'_{10} = 12$, $c'''_{10} = 12$, $c = 44$, $v = 120$, $a = 180$, $k = 19$.

11. Los poliedros biformes derivados del dodecaedro no originan ninguno inarmónico.

XIII.—Conclusiones

39. De lo expuesto, resulta que los poliedros arquimédicos existentes son los que figuran a continuación. Algunos llevan el mismo nombre: se los distinguirá añadiéndoles algún otro carácter que los diferencie, como, por ejemplo, el de ser convexo o estrellado el poliedro de que se trata, o su ángulo sólido o alguno de los octógonos, pentágonos o decágonos que lo forman. En los cuadros siguientes, los nombres de los poliedros convexos van escritos con letra cursiva.

POLIEDROS DE ARQUIMEDES, CONVEXOS Y ESTRELLADOS

Con ángulos triédricos

N.º de orden	A.A.B o A.B.C	Número de caras A	caras B	caras C	Número de caras	vértices	aristas	Conexión	NOMBRES
1	$4.4.x_1$	x	2		$x+2$	$2x$	$3x$	1	*Prisma arquimédico convexo.*
2	$4.4.z_e$	z	2		$z+2$	$2z$	$3z$	1	Prisma arquimédico estrellado (si $e > 1$).
3	6.6 3	4	4		8	12	18	1	*Bi-tetraedro.*
4	6.6.4	8	6		14	24	36	1	*Cubo-octaedro cuadri-exagonal.*
5	$8_1.8_1.3$	6	8		14	24	36	1	*Cubo-octaedro tri-octogonal.*
6	$8_3.8_3.3$	6	8		14	24	36	1	Cubo-octaedro tri-octogonal.
7	$4.6.8_1$	12	8	6	26	48	72	1	*Rombo cubo-octaédrico cuadri-exa-octogonal.*
8	$4.6.8_3$	12	8	6	26	48	72	1	Rombo cubo-octaédrico cuadri-exa-octogonal.
9	$6.8_1.8_3$	8	6	6	20	48	72	7	Octaedro bi-cúbico exa-octogonal.
10	$6.6.5_1$	20	12		32	60	90	1	*Icosi-dodecaedro penta-exagonal.*
11	$6.6.5_2$	20	12		32	60	90	1	Icosi-dodecaedro penta-exagonal.
12	$10_1.10_1.3$	12	20		32	60	90	1	*Icosi-dodecaedro tri-decagonal.*
13	$10_3.10_3.3$	12	20		32	60	90	1	Icosi-dodecaedro tri-decagonal.
14	$10_3.10_3.5_1$	12	12		24	60	90	9	Bi-dodecaedro penta-decagonal.
15	$10_1.10_1.5_2$	12	12		24	60	90	9	Bi-dodecaedro penta-decagonal.
16	$4.6.10_1$	30	20	12	62	120	180	1	*Rombo icosi-dodecaédrico cuadri-exa-decagonal.*
17	$4.6.10_3$	30	20	12	62	120	180	1	Rombo icosi-dodecaédrico cuadri-exa-decagonal.
18	$4.10_1.10_3$	30	12	12	54	120	180	9	Rombo bi-dodecaédrico cuadri-decagonal.
19	$6.10_1.10_3$	20	12	12	44	120	180	19	Icosi-bi-dodecaedro exa-decagonal.

Con ángulos tetraédricos convexos

N.º de orden	A.A.A.B o A.B.A.B o A.B.A.C	Número de caras A	caras B	caras C	Número de caras	vértices	aristas	Conexión	NOMBRES
20	$3.3.3.x_1$	$2x$	2		$2x+2$	$2x$	$4x$	1	*Obelisco arquimédico.*
21	$3.3.3.x_e$	$2x$	2		$2x+2$	$2x$	$4x$	1	Obelisco arquimédico.
22	3.4.3.4	8	6		14	12	24	1	*Cubo-octaedro tri-cuadrangular.*
23	4.4.4.3	18	8		26	24	48	1	*Rombo cubo-octaédrico tri-cuadrangular, armónico.* *Rombo cubo-octaédrico tri-cuadrangular, inarmónico.*
24	$8_3.3.8_3.4$	6	8	6	20	24	48	7	Octaedro bi-cúbico tri-cuadri-octogonal.
25	$3.5_1.3.5_1$	20	12		32	30	60	1	*Icosi-dodecaedro tri-pentagonal.*
26	$3.5_2.3.5_2$	20	12		32	30	60	1	Icosi-dodecaedro tri-pentagonal.
27	$5_1.5_2.5_1.5_2$	12	12		24	30	60	9	Bi-dodecaedro pentagonal.
28	$4.3.4.5_1$	30	20	12	62	60	120	1	*Rombo icosi-dodecaédrico tri-cuadri-pentagonal.*
29	$4.3.4.5_2$	30	20	12	62	60	120	1	Rombo icosi-dodecaédrico tri-cuadri-pentagonal.
30	$4.5_1.4.5_2$	30	12	12	54	60	120	9	Rombo bi-dodecaédrico cuadri-pentagonal.
31	$6.5_2.6.3$	20	12	20	52	60	120	11	Dodeca-bi-icosaedro tri-penta-exagonal.
32	$10_3\,3.10_3.5_1$	12	20	12	44	60	120	19	Icosi-bi-dodecaedro tri-penta-decagonal.
33	$10_3\,3.10_3.5_2$	12	20	12	44	60	120	19	Icosi-bi-dodecaedro tri-penta-decagonal.

Con ángulos tetraédricos plegados

N.° de orden	A.A.A.B o A.B.A.B o A.B.A.C	Número de caras A	Número de caras B	Número de caras C	Número de caras	Número de vértices	Número de aristas	Conexión	NOMBRES
34	$\overline{3}.3.\overline{3}.n_e$	$2x$	2		$2x+2$	$2x$	$4x$	1	Obelisco arquimédico.
35	$3.\overline{4}.3.\overline{4}$	4	3		7	6	12	2	Tetraedro hemi-cúbico.
36	$\overline{6}.4.\overline{6}.4$	4	6		10	12	24	5	Cubo hemi-octaédrico. (*)
37	$\overline{6}.3.\overline{6}.3$	4	8		12	12	24	3	Sesqui-octaedro.
38	$\overline{4}.4.\overline{4}.3$	18	8		26	24	48	1	Rombo cubo-octaédrico tri-cuadrangular armónico. Rombo cubo-octaédrico tri-cuadrangular inarmónico.
39	$4.\overline{8}_1.4.\overline{8}_1$	12	6		18	24	48	9	Rombo cúbico cuadri-octogonal.
40	$\overline{4}.8_3.\overline{4}.8_3$	12	6		18	24	48	9	Rombo cúbico cuadri-octogonal.
41	$\overline{8}_1.3.\overline{8}_1.4$	6	8		20	24	48	7	Octaedro bi-cúbico tri-cuadri-octogonal.
42	$\overline{10}_1.3.\overline{10}_1.3$	6	20		26	30	60	7	Icosi hemi-dodecaedro tri-decagonal.
43	$\overline{10}_3.3.\overline{10}_3.3$	6	20		26	30	60	7	Icosi hemi-dodecaedro tri-decagonal.
44	$\overline{10}_1.5_1.\overline{10}_1 5_1$	6	12		18	30	60	15	Sesqui-dodecaedro penta-decagonal.
45	$\overline{10}_3.5_2.\overline{10}_3.5_2$	6	12		18	30	60	15	Sesqui-dodecaedro penta-decagonal.
46	$\overline{6}.5_1\,\overline{6}.5_1$	10	12		22	30	60	11	Dodeca-hemi-icosaedro penta-exagonal.
47	$\overline{6}.5_2.\overline{6}.5_2$	10	12		22	30	60	11	Dodeca-hemi-icosaedro penta-exagonal.
48	$\overline{10}_1.4.\overline{10}_1.4$	12	30		42	60	120	21	Rombo dodecaédrico cuadri-decagonal.
49	$\overline{10}_3.4.\overline{10}_3.4$	12	30		42	60	120	21	Rombo dodecaédrico cuadri-decagonal.
50	$\overline{5}_1.4.\overline{5}_1.4$	12	30		42	60	120	21	Rombo dodecaédrlco cuadri-pentagonal.
51	$\overline{6}.4.\overline{6}.4$	20	30		50	60	120	13	Rombo icosaédrico cuadri-exagonal (*)
52	$\overline{6}.10_1.\overline{6}.10_1$	20	12		32	60	120	31	Icosi-dodecaedro exa-decagonal.
53	$\overline{6}.10_3.\overline{6}.10_3$	20	12		32	60	120	31	Icosi-dodecaedro exa-decagonal.
54	$\overline{4}.3.\overline{4}.5_2$	30	20	12	62	60	120	1	Rombo icosi-dodecaédrico tri-cnadri-pentagonal.
55	$\overline{6}.3.\overline{6}.5_1$	20	20	12	52	60	120	11	Dodeca-bi-icosaedro tri-penta-exagonal.
56	$\overline{10}_1.3.\overline{10}_1.5_1$	12	20	12	44	60	120	19	Icosi-bi-dodecaedro tri-penta-decagonal.
57	$\overline{10}_1.3.\overline{10}_1.5_2$	12	20	12	44	60	120	19	Icosi-bi-dodecaedro tri-penta-decagonal.
58	$\overline{6}.5_1\,\overline{6}.5_2$	20	12	12	44	60	120	19	Icosi-bi-dodecaedro penta-exagonal.
59	$\overline{5}_1.3.\overline{5}_1.5_1$	12	20	12	44	60	120	19	Icosi-bi-dodecaedro tri-pentagonal.

(*) Los ángulos sólidos de los poliedros 36 y 51 se diferencian en que los del primero tienen dos planos de simetría, y los del segundo uno solamente.

Con ángulos pentaédricos convexos

N.° de orden	A.A.A.A.B. o A.A.B.A.C.	Número de caras A	Número de caras B	Número de caras C	Número de caras	Número de vértices	Número de aristas	Conexión	NOMBRES
60	3.3.3.3.4	32	6		38	24	60	1	*Cubísimo directo.* *Cubísimo retrógrado.*
61	$3.3.3.3.5_1$	80	12		92	60	150	1	*Ene-contadiedro directo* *Ene-contadiedro retrógrado* } convexos.
62	$3.3.3.3.5_2$	80	12		92	60	150	1	Ene-contadiedro directo Ene-contadiedro retrógrado } estrellados con ángulos convexos.
63	$3.3.5_1.3.5_2$	60	12	12	84	60	150	9	Pentagonoedro bi-dodecaedral directo. Pentagonoedro bi-dodecaedral retrógrado.

Con ángulos pentaédricos plegados

N.° de orden	A.A.A.A.B. o A.A.B.A.C.	Número de caras A	Número de caras B	Número de caras C	Número de caras	Número de vértices	Número de aristas	Conexión	NOMBRES
64	$\overline{3}.3.3.\overline{3}.5_2$	80	12		92	60	150	1	Ene-contadiedro directo Ene-contadiedro retrógrado } con ángulos sólidos una sola vez entrecortados.
65	$\overline{3}.\overline{3}.\overline{3}.\overline{3}.\overline{5}_2$	80	12		92	60	150	1	Ene-contadiedro directo Ene-contadiedro retrógrado } con ángulos sólidos 5 veces entrecortados.
66	$\overline{3}.3.5_1.\overline{3}.5_2$	60	12	12	84	60	150	9	Pentagonoedro bi-dodecaedral directo Pentagonoedro bi-dodecaedral retrógrado } con ángulos sólidos plegados.

Con ángulos exaédricos, convexos o plegados

N.° de orden	A.B.A.B.A.B.	Número de caras A	Número de caras B	Número de caras	Número de vértices	Número de aristas	Conexión	NOMBRES
67	$3.5_2.3.5_2.3.5_2$	20	12	32	20	60	11	Icosi-dodecaedro tri-pentagonal, con ángulos convexos.
68	$3.\overline{5}_1.3.\overline{5}_1.3.\overline{5}_1$	20	12	32	20	60	11	Icosi-dodecaedro tri-pentagonal, con ángulos plegados.
69	$\overline{5}_1.5_2.\overline{5}_1.5_2.\overline{5}_1.5_2$	12	12	24	20	60	19	Bi-dodecaedro pentagonal, con ángulos plegados.

40. Como resumen y consecuencia de nuestras investigaciones, podemos afirmar las siguientes leyes:

1.ª Aparte de las dos series ilimitadas de primas y obeliscos, existen 73 poliedros arquimédicos, de los cuales 16 solamente son convexos.

2.ª No existen más que 7 poliedros arquimédicos biformes: 2 convexos y 5 estrellados; y los 7 con ángulos triédricos.

3.ª No existen más que dos poliedros arquimédicos inarmónicos; convexo el uno y estrellado el otro. Su ángulo sólido, constituído por tres cuadrados y un triángulo, es convexo para el primero, y plegado para el segundo.

4.ª En el poliedro arquimédico, los ángulos sólidos constan de 3, 4, 5 o 6 aristas; y sus caras (exceptuando prismas y obeliscos) de 3, 4, 5, 6, 8 o 10 lados. Sus caras no pueden ser más que de dos o tres clases.

5.ª Todo poliedro arquimédico es inscriptible en la esfera; y los segundos extremos de todas las aristas, que parten de un mismo vértice, caen sobre una circunferencia.

6.ª Los poliedros arquimédicos armónicos o tienen un solo eje no binario (caso de los prismas y obeliscos) o los mismos ejes que un poliedro regular. Estos últimos poseen las propiedades siguientes:

No se componen más que de dos o tres grupos de caras homólogas. Las de un grupo yacen en los mismos planos que las de un poliedro regular; las de otro grupo, también sobre un poliedro regular de los mismos ejes, o son respectivamente paralelas a las caras de éste y se cortan en su centro. En cuanto a las caras del tercer grupo, si existe, o yacen también sobre las de un poliedro regular o sobre las de un sólido kepleriano (41) de caras rómbicas o pentagonales, prolongadas si es necesario. Si caen sobre un romboedro, son cuadradas; si sobre un pentagonoedro, triangulares; y si yacen sobre las de un poliedro regular, o son concurrentes y respectivamente paralelas a las de éste, poseen igual o duplo número de lados que las de dicho sólido.

En el poliedro arquimédico, que posee más de un eje no binario, sus vértices están sobre las caras no prolongadas de un tetraedro regular, de un cubo o de un dodecaedro platoniano, formando polígonos regulares iguales, concéntricos y semejantes con ellas, e idénticamente situados respecto de las mismas, o parejas de tales polígonos. El número de vértices es 6, 12 ó 24, si el poliedro arquimédico se deriva del tetraedro; 6, 12, 24 ó 48, si proviene del cubo; y 20, 30, 60 ó 120, si nace del dodecaedro.

41. Algunos llaman poliedros *de Kepler* a los que tienen regulares sus ángulos sólidos, sin ser todos idénticos, y sus caras iguales, dispuestas todas en un mismo sentido o en dos sentidos contrarios. Para obtenerlos todos, basta hallar las figuras polares de los poliedros arquimédicos, respecto de la esfera circunscrita. Los que posean caras concurrentes en su centro, que son nueve, no origi-

narán ninguna solución; de donde se infiere que los poliedros de Kepler son nueve menos que los de Arquímedes. Las propiedades de los primeros son las polares de las que poseen los segundos; y se las podría obtener directamente, guiados por el Principio de la dualidad, siguiendo un camino correlativo del que acabamos de recorrer.

ÍNDICE

	Págs.
I.—Deducción de los poliedros semi-regulares convexos.	3
II.—Algunos principios relativos a los ejes de simetría	10
III.—Polígonos determinantes	22
IV.—Nomenclatura y notación	33
V.—Poliedros arquimédicos armónicos con un solo eje no binario . . .	34
VI.—Situación de los vértices de un poliedro arquimédico, armónico y uniforme	36
VII.—Poliedros arquimédicos unitormes, derivados del tetraedro regular.	39
VIII.—Poliedros arquimédicos uniformes, derivados del cubo.	45
IX.—Poliedros arquimédicos uniformes, derivados del dodecaedro regular.	52
X.—Situación de los vértices de un poliedro arquimédico, armónico y biforme.	68
XI.—Poliedros arquimédicos biformes, derivados del cubo.	72
XII.—Poliedros arquimédicos biformes, derivados del dodecaedro regular.	73
XIII.—Conclusiones.	75

PRESENTED
17 JUN. 1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 7

NEURÓPTEROS NUEVOS O POCO CONOCIDOS

(OCTAVA SERIE)

POR EL ACADÉMICO CORRESPONDIENTE

R. P. LONGINOS NAVÁS, S. J.

Publicado en enero de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 7

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

NEURÓPTEROS NUEVOS O POCO CONOCIDOS

(OCTAVA SERIE)

POR EL ACADÉMICO CORRESPONDIENTE

R. P. LONGINOS NAVÁS, S. J.

Publicado en enero de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

NEURÓPTEROS NUEVOS O POCO CONOCIDOS

(OCTAVA SERIE)

por el académico correspondiente

R. P. Longinos Navás, S. J.

Sesión del día 22 de noviembre de 1916

Después de la desmembración definitiva de los Rafidiópteros del orden de los Neurópteros (Mem. R. Acad. Cienc. Art. Barcelona, 1916, t. XII, n.° 20), aunque sigo con el título general de "Neurópteros nuevos o poco conocidos" por continuar la serie comenzada; pero en la enumeración agruparé las especies estudiadas en los órdenes que actualmente admito del antiguo de los Neurópteros, verbigracia: Paraneurópteros (Odonatos), Efemerópteros (Efeméridos), etc.

PARANEUROPTEROS

1. **Rialla membranata** Nav. Entom. Mitteil., 1915, t. IV, p. 149, f. 2.

La forma del ángulo axilar del ala posterior en el ♂ y la presencia de una orejeta menuda en el segundo segmento abdominal me hace trasladar el género *Rialla* Nav. de la tribu de los Libelulinos a la de los Cordulinos junto al género *Paracordulia* Martín.

Difiere en carecer de reflejos metálicos, en tener el triángulo discal posterior dividido, y en otros caracteres.

2. **Hoplonæschna armata** Hag. (fig. 1). (1)

Libellula armata. Hagen, Neuroptera of North America, 1861, p. 124.

He recibido dos ejemplares ♂ de Jemez Springs (Nuevo Méjico, Estados Unidos) conformes en lo substancial con la breve descripción de Hagen, pero que difieren notablemente de la descripción y figuras que trae Martín en su monografía.

Desde luego el triángulo discal del ala anterior posee cuatro celdillas en vez de cinco, carácter que Martín asigna al género al decir (loc. cit. p. 113): "Triangles discoïdaux assez courts, de cinq cellules." Mis ejemplares pertenecen indu-

(1) En la monografía de los Esninos de Martín léese ya *Hoplonaæschna* (p. 5, 6), ya *Oplonaæschna* (p. 119, 120). La escritura correcta es con h, a causa de su origen, ὅπλα, armas.

dablemente al género *Hoplonœschna,* por lo cual este carácter genérico debiera ampliarse, diciendo, verbigracia: "triángulos discales de cuatro o cinco celdillas."

Las alas son enteramente hialinas y de ningún modo teñidas, como indican ambos autores, Hagen y Martín.

La posición del arquillo es también diferente según las figuras de Martín.

El tubérculo o cuerno del segmento 10 abdominal del ♂ (fig. 1, a, b) no es negro totalmente, como indica Martín, sino negro con una raya dorsal verdosa a lo largo.

Por todas estas razones parece que podría formarse una variedad reuniendo estos caracteres diferenciales.

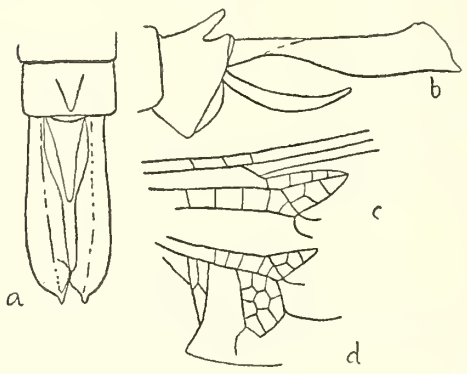


FIG. 1

Hoplonœschna armata? ♂ Hag.
a. Extremo del abdomen visto por encima.
b. „ „ „ de lado.
c. Región del triángulo discal del ala anterior.
d. „ „ „ „ posterior.

Hoplonæschna armata Hag. var. **polernista** nov. (fig. 1).

Alæ membrana penitus hyalina; reticulatione nigra, costa externe flavida; stria noduli sive initio sectoris nodalis ad areas subcostalem et radialem testacea; venulis antenodalibus subcostalibus partim testaceis; triangulo discali 4 cellulis, interno 2.

Ala anterior venulis antenodalibus 18-20 costalibus, 15 subcostalibus, postnodalibus 13; area hypertrigonali 3 venulis; arculo inter 2 et 3 antenodales subcostales sito; 3 venulis procubitalibus citra triangulum discalem (fig. 1, c).

Ala posterior venulis antenodalibus 11-13 costalibus, 9-12 subcostalibus, postnodalibus 14-15; arculo ad 2 subcostalem vel paulo ulterius sito; circinno axillari 9 cellulis; inter duos ramos cubiti una vel altera cellula divisa (fig. 1, d).

Long. corp. ♂ (sine cerc.)	.	60 mm.
— al. ant.	.	46 "
— — post.	.	44 "
— abdom.	.	43'5 "

PATRIA. Jemez Springs (New México, Estados Unidos), 8-12 de junio de 1916, leg. John Woodgate (Coll. m.).

Las diferencias que observo de esta forma con la *armata* Hag. según la descripción y dibujos de Martín (Les Æschnines, 1908, p. 120, fig. 144, pl. III, f. 10) están en la malla más sencilla sobre todo en el triángulo discal, posición del arquillo, menor número de celdillas en la guedeja axilar del ala posterior, etc. Las di-

mensiones son asimismo diferentes. Si se probase que difiere específicamente, valdría el nombre de la variedad como de especie.

PLECOPTEROS

3. **Chloroperla rivulorum** Pict. (fig. 2). Entre los muchos ejemplares que de esta especie cogí en el Valle de Andorra (4-9 de Julio de 1916) un ejemplar ♂ difiere de los demás en que el sector del radio se ahorquilla dos veces por fuera de la anastomosis con toda regularidad en las cuatro alas, en vez de una horquilla, que es lo normal (fig. 2).

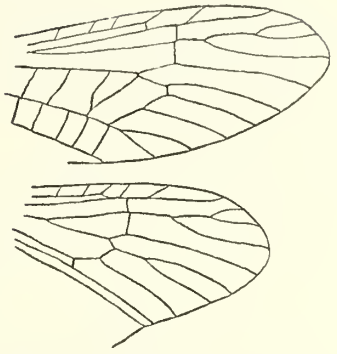


FIG. 2
Chloroperla rivulorum Pict.
Extremo de las alas (anomalía).

4. **Nephopteryx**. Navás, Mem. R. Ac. Cienc. Art. de Barcelona, 1915, vol. XII, p. 122.

Por haber sido ya empleado este nombre para un género de Lepidópteros (*Nephopteryx* Hb. 1818), se hace indispensable el cambiarlo, por lo que propongo en substitución el de *Curtala*.

Diráse, pues, *Curtala hispanica* Nav. la especie típica del género.

Debo a la amabilidad de D. Ignacio de Sagarra la indicación de la sinonimia.

5. **Tæniopteryx Costaborrasi** sp. nov.

Similis *seticorni* Klap.

Caput nigrum, nitens, oculis fusco-nigris; palpis nigris; antennis filiformibus, omnibus articulis, secundo excepto, longoribus quam latioribus, penitus nigris, nitidis.

Prothorax niger, nitens, leviter rugosus, latior quam longior, marginibus antico et postico rectis, lateralibus leviter arcuatis, inter se postice magis distantibus quam antice, vix pallidioribus; angulis omnibus rotundatis. Meso-et metathorax nigri, nitidi.

Abdomen fusco-nigrum, ultimis tergitis nigris, nitidis; lamina infraanali fere longiore quam latiore, marginibus lateralibus subparallelis, posteriore recto, fulva. Ova flavida, nitida, sphærica.

Pedes nigri; femoribus inferne 1 et 2 in medio basilari, 3 subtotis fuscis; tibiis posticis fusco-fulvis, basi, apice et inferne nigris.

Alæ hyalinæ, irideæ; reticulationes forti, fusco-nigra, in ala anteriore crassiore et obscuriore, radio præsertim; sectore radii bis furcato, primo ramo in ala

anteriore anastomosim attingente vel cum ea fuso ad basim, in posteriore ab illa parum remoto.

Ala anterior membrana fasciis tribus fuscis transversis distinctis, prima ante medium lata, recta, secunda ad anastomosim, tertia ad stigma, extrorsum concavis; apice leviter infuscato.

Ala posterior area axillari subtota leviter infuscata, costali ultra anastomosim seu apicali fuscescente.

Long. corp. ♀	7'5	mm.
— al. ant.	13'5	"
— — post.	11'7	"

Patria. Coma de Rubió (Lérida), 19 de julio de 1916, tres ejemplares ♀ (Col. m.).

He apellidado *Costaborrasi* esta especie catalana en obsequio de una preclara gloria de Cataluña el Excmo. don José Domingo Costa y Borrás, Obispo de Lérida y Barcelona y Arzobispo de Tarragona, cumpliendo gustoso la promesa que hice en el Seminario Católico de Reus del 29 de junio pasado.

Comparados estos ejemplares con otros de la *seticornis* Klap. enviados por el mismo Klapálek hallo estas diferencias más visibles:

El tamaño es algo mayor, el color notablemente más obscuro en todas sus partes, especialmente en la cabeza y protórax y en el radio del ala anterior. La lámina infraanal de la ♀ ofrece una figura diferente. Siendo sensiblemente trapezoidal en la *seticornis* y más ancha que larga, en la nueva especie es algo alargada y apenas estrechada hacia el ápice.

6. **Leuctra Benllochi** sp. nov. (fig. 3)

Similis *digitatæ* Kempny.

Caput piceum, nitidum, pubescentia tenui, breviore, fulva; ocellis grandibus, nitidis; callis mediis ante et extra ocellos posteriores sitis, grandibus, rotundatis, nigris; oculis fusco-nigris; palpis fusco-nigris, fortibus; antennis nigris, articulo primo crasso, cylindrico, ceteris cuneiformibus, seu apice dilatatis, 2.° paulo longiore quam latiore, 3.° triplo, ceteris duplo aut amplius.

Prothorax plus duplo latior quam longior, marginibus anteriore et posteriore, item lateralibus interse subparallelis; angulis rotundatis, niger, pubescentia tenui, solum sub lente visibili, fusca; nitidus, rugosus. Meso-et metathorax nigri, nitidi, sublæves.

Abdomen piceum, pubescentia brevi fusca; lamina subgenitali ♀ (fig. 3, a) postice fusco-testacea, medio profunde emarginata, in angulum acutum lobis lateralibus longioribus quam latioribus, postice rotundatis. Ova albido-eburnea, nitida, globosa.

Pedes nigri, griseo leviter pilosi, femoribus tibiisque posticis lateraliter fusco-testaceis.

Alæ latæ, apice ellipticæ, reticulatione forti, fusca, venula subcostali ante apicem vel ad apicem subcostæ inserta, cum radiali subparallela vel continuata.

Ala anterior (fig. 3, b) lata, membrana leviter fusco tincta; area procubitali fere 5 venulis, cubitali 15 aut amplius, extrorsum sensim magis distantibus; venis axillaribus fortiter arcuatis.

Ala posterior pallidior, membrana levissime fusco tincta, furca procubitali petiolata, ad marginem fortiter dilatata, ramo posteriore curvato.

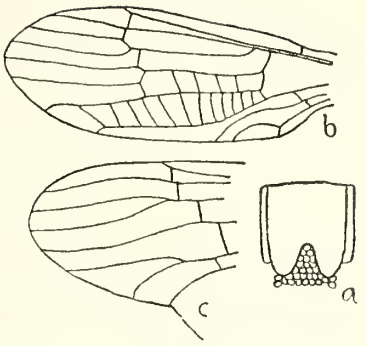


FIG. 3

Leuctra Benllochi ♀ Nav.

a. Lámina subgenital.
b. Ala anterior.
c. Extremo del ala posterior.
(Col. m.)

Long. corp. ♀	5	mm.
— al. ant.	9	"
— — post.	6'8	"

PATRIA. San Juan del Yermo y Coma de Rubió (Lérida), 18 y 19 de julio de 1916 (Col. m.).

La anchura de las alas y la forma de la lámina subgenital de la ♀ separan fácilmente esta especie de las afines.

La he denominado *Benllochi* en obsequio del Excmo. doctor Benlloch, Obispo de la Seo de Urgel, en cuya jurisdicción afortunadamente la encontré.

7. **Nemura lata** Nav. Bol. Soc. Art. Cienc. Nat., 1914, p. 31, f. 2. ♀.

El hallazgo de otro ejemplar ♂ muy parecido al tipo me permitirá completar la descripción.

Caput nigrum, pubescentia grisea, macula ferruginea inter ocellos (1).

Cerci superiores (fig. 4, b) cylindrici, elongati, ante apicem introrsum leviter curvati, apice subito lateraliter dilatati, amplius extrorsum quam introrsum; lamina infragenitali oblonga, marginibus lateralibus parallelis, apice rotundata.

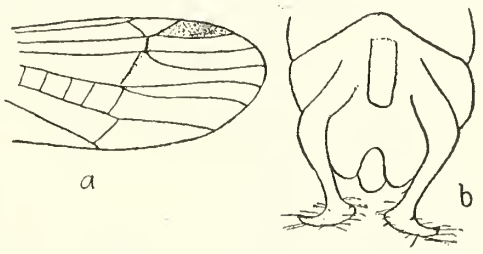


FIG. 4

Nemura lata ♂ Nav.

a. Extremo del ala anterior.
b. Extremo del abdomen visto por debajo.

(1) Esta manchita de un leonado ferruginoso también se halla en el tipo ♀, aunque no se indicó en la descripción.

Alæ hyalinæ, irideæ, area apicali leviter fuscata, apice rotundatæ.

Ala anterior (fig. 4, a) usque ad tertium apicale sensim ampliata, venulis procubitalibus fere 6, cubitalibus fere 7.

Long. corp. ♂	3	mm.
— al. ant.	5'5	"
— — post.	4'9	"

Patria. Coma de Rubió (Lérida), 19 de julio de 1916.

En los cercos es muy parecida esta especie a la *cambrica* Steph. El tamaño es menor, los cercos más horizontales, más largos y más dilatados en el extremo.

EFEMEROPTEROS

8. **Rhithrogena catalaunica** sp. nov. (fig. 5).

Caput flavidum, oculis et ocellis in sicco nigris; antennis primo articulo flavido, ceteris fuscescentibus.

Thorax flavidus, mesonoto fulvo-rufo.

Abdomen inferne flavidum, fulvo tinctum, superne fulvum, rubro suffusum, margine postico segmentorum obscuriore, fuscescente; segmentis 6, 7, 8 stria fusca longitudinali supra connectivum; forcipe elongato, flavido; ramis copulatoris (fig. 5, a) oblongis, ellipticis, arcuatis; cercis superioribus seu urodiis albidis, articulis apice fusco annulatis; articulis quarti basilaris præterea annulo tenui medio fusco divisis.

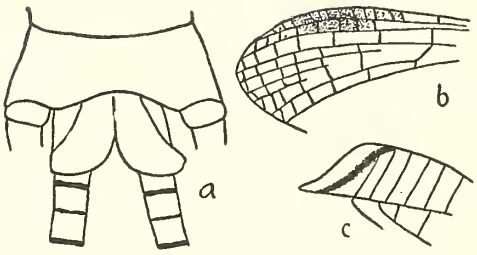


Fig. 5

Rhithrogena catalaunica ♂ Nav.

a. Extremo del abdomen visto por debajo.
b. Extremo del ala anterior.
c. Base del ala posterior.
(Col. m.)

Pedes fulvi; femoribus striola fusca ad medium interne et externe notatis, anterioribus alia striola longitudinali fusca ante apicem.

Alæ hyalinæ, irideæ; reticulatione fusco-nigra, venis tenuibus, venulis fortibus.

Ala anterior (fig. 5, b) venulis in medio interno fortioribus, nigris, leviter limbatis; area subcostali leviter flavo tincta; stigmate elongato, sanguineo tincto; venulis in area apicali regularibus rectis, fere 12; area apicali leviter flavo tincta.

Ala posterior area costali lata (fig. 5, c) venula basilari forti, flexuosa, nigra, fusco limbata.

Long. corp. ♂	9 mm.
— al. ant.	10 ”
— cerc.	21 ”

Patria. Pons (Lérida), 23 de julio de 1916, a orillas del Segre (Col. m.).

Es la más hermosa de las especies de *Rhithorogena* que conozco de España.

NEUROPTEROS

9. **Psammoleon sinuatus** Currie. Proc. Entom. Soc. Washington, 1903, p. 275.

Psammoleon guttipes. Banks, Psyche, 1906, p. 99.

He recibido tres ejemplares de esta especie procedentes de Jemez Springs (Nuevo Méjico, Estados Unidos) enviados por el señor Woodgate.

Al reducirlos a la especie *sinuatus* Currie he de hacer prevalecer el nombre de Currie por favorecerle la ley de prioridad y rectificar la sinonimia dada por Banks.

Efectivamente Banks en su “Catalogue of the Neuropteroid Insects (except. Odonata) of the United States”, Philadelphia, 1907, p. 30 da el *sinuatus* Currie como sinónimo del *guttipes* Banks y del *ingeniosus* Hag. (not of Walker), añadiendo: “(as var.).”

Pero es el caso que Currie describió su *sinuatus* no como variedad del *ingeniosus,* sino como especie (loc. cit.). Y si bien en la descripción lo asemeja al *ingeniosus,* para hacer resaltar su principal diferencia, esto no obsta para que se pueda reconocer perfectamente esta especie, mediante su breve frase característica. La descripción del *guttipes* Banks, aunque más extensa, servirá sí para dar a conocer mejor la especie, pero no para establecerla, que ya lo estaba suficientemente tres años antes.

Aunque Currie hubiese dado su *sinuatus* erróneamente como variedad del *ingeniosus* entiendo que al deshacer el error y elevar la categoría a especie, debiera conservarse el nombre impuesto de *sinuosus.*

Las dimensiones de mis ejemplares son: longitud del cuerpo, 28 mm.; de las alas, 34 mm.

10. **Tahulus caligatus** Nav. Rev. Russe d' Entom., 1912, p. 113.

Petersen (Proc. Linn. Soc. N. S. Wales, 1915, p. 67) afirma que mi especie es idéntica al *nubecula* Gerst., con la cual asimismo identifica otras dos, *Jacobsoni* Weele y *costatus* Banks. Además incluye mi especie en el género *Pseudoformicaleo* Weele, llegando a decir: “I have, in my collection, specimens of *Pseudoformicaleo Jacobsoni* from Java and *Tahutus caligatus* from Formosa; and I am undoubtedly right in regarding them as synonyms”.

No negaré que los dos ejemplares a que alude Petersen sean idénticos, pero incúmbeme deshacer lo que dice relativo a mi especie.

Desde luego la figura que el mismo Petersen da (loc. cit., lám. X, fig. 16) es más que suficiente para distinguir a primera vista el *nubecula* Gerst. del *caligatus* Nav.

Lo mismo se diga de la figura que trae Van der Weele de su *Jacobsoni* (Notes from the Leyden Mus., 1909, p. 26, f. 11). Item las dimensiones de mi especie son notablemente mayores.

Todavía son mayores las diferencias de mi *caligatus* con *nubecula* Gerst. (Vorp. und Rügen, 1885, p. 101), en las dimensiones y en toda la descripción.

Mi opinión es que Petersen ha reunido en una tres especies distintas:

Creagris nubecula Gerst., de Australia.

Pseudoformicaleo Jacobsoni Weele, de Java.

Tahulus caligatus Nav., del Norte de la China.

Podrá ser que a la misma especie *nubecula* Gerst. pertenezca el *Protoplectron costatus* Banks, también de Australia, según afirma Petersen.

11. **Gama Diana** Kolbe.

Creagris Diana. Kolbe, Neur. Deutsch-Ost-Afrika, 1897, p. 24.

Creagris inclytus. Peringuey, Ann. South. Afr. Mus., 1910, p. 445.

Escribe Petersen (Archiv. för Zoologi., 1916, p. 15): "Navas has founded a new genus for this species. It seems to me that the generic characters, named by him, are so small and insufficient that it is unsatisfactory to retain the genus. The nervation of the wings is quite the same as in the genus *Creagris*".

Perfectamente, la malla es como en el género *Creagris*. Y con más propiedad dijera que es como de la tribu de los Creagrinos, tribu que yo formé fundándola precisamente en los caracteres estructurales de las alas y el mismo Petersen admite.

Pero todos los autores que han tratado de Mirmeleónidos han dado mucha importancia a la longitud de los espolones y forma de los tarsos, y también debe atenderse a la longitud y forma de las antenas, sobre todo cuando es muy extraordinaria y aberrante, como sucede en el presente caso. En estos caracteres se funda principalmente el género *Gama* Nav., el cual debe admitirse, si no queremos decir que los Creagrinos forman un solo género.

No me detendré en esta ocasión en rebatir algunas otras aserciones de Petersen en el mismo trabajo, esperando otra más oportuna. Mucho menos cuando no hace sino repetir y acumular las de Banks, sin que aparezca otra utilidad científica de esta mera repetición que afirmar más el dicho de Banks, repitiéndolo. Pláceme empero, consignar que el mismo Petersen enflaquece la autoridad de Banks, al mencionar algunas formas mías que ha tenido la ocasión de estudiar, v. gr. cuando sostiene mis géneros *Centroclisis* y *Gandulus* y mi especie *Palpares torridus*, negados por Banks. Conste, pues, que Banks, según Petersen, se equivocó varias veces al intentar corregirme.

12. **Boriomyia** Banks. Trans. Am. Entom. Soc., 1905, t. XXXII, p. 36.

Hasta aquí he seguido admitiendo este género de Banks a pesar de haber observado que de hecho no era admitido por Morton, naturalista de Edimburgo, autoridad indiscutible en Hemeróbidos, a quien se debe el haber puesto en claro la sinonimia y valor de las especies inglesas de esta familia. Ahora, al tener que hacer una revisión de las especies españolas de mi colección incluídas en *Boriomyia* me he persuadido que este nombre genérico no podría subsistir y debía refundirse en el *Hemerobius* L. restringido por autores posteriores.

Efectivamente los dos únicos caracteres en que según la descripción de Banks el género *Boriomyia* se distinguiría del *Hemerobius* restr. están en las alas, anterior y posterior. Mas estos caracteres son muy menudos y poco precisos, insuficientes por consiguiente para fundar un género.

1.° Ala anterior: "a cross vein connecting first radial sector to mediam vein". Esta venilla en los ejemplares típicos de *Boriomyia,* v. gr. en *H. disjunctus* Banks tipo del género cae en la misma horquilla del procúbito o sea en su ramo anterior. Con esta disposición se conforman las especies *subnebulosus* Steph. *nervosus* F. y otras de Europa. Pero esta venilla avanza más o menos y no deja de existir, aunque algo retrasada, en varias especies que todos los autores, incluso el mismo Banks, ponen en el género *Hemerobius,* como sucede en el *H. humuli* L., *nitidulus* F., en los cuales está situada más adentro, inserta en el mismo pecíolo del procúbito, o sea en el procúbito antes de su división. En algunas viene a insertarse en el mismo origen de la horquilla o división del procúbito. Porque una venilla avance más o menos no se altera el aspecto y estructura del ala anterior. Ya se ve, pues, que esta circunstancia, o sea la posición de esta venilla, variable y vaga, no ha de reputarse de valor para constituir un género, sino a lo sumo una sección o grupo taxonómico de las especies del género *Hemerobius.*

2.° Ala posterior. "In hindwings the first radial sector forks as far out as forking of the median vein". En primer lugar la frase es poco exacta y se presta a falsas interpretaciones, como a mí propio sucediera. El decir "first radial sector" parece indicar que hay varios sectores en el ala posterior del género *Boriomyia.* Empero si se interpreta bien la malla se verá que no hay más que uno, ni más ni menos que en el género *Hemerobius.* Véase el esquema del ala posterior del *Hemerobius disjunctus* (fig. 6) tipo del género *Boriomyia.* En la base del sector único se distingue la venilla radial por delante y por detrás el ramo recurrente, que enlaza el sector del radio con el procúbito, como sucede en otros Hemeróbidos.

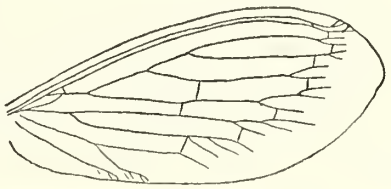


FIG. 6

Hemerobius disjunctus Banks.

Ala posterior (parcial)

El valor principal del caracter señalado por Banks está en que el primer ramo de dicho sector (first radial sector) nace próximamente al nivel de la horquilla del

procúbito (esto ha de significar "forks as far out as forking of the median vein") en *Boriomyia* (fig. 6), al paso que en las especies del género *Hemerobius* nace algo más adentro. Pero aun en esto hay sus grados, y en todo caso por caracter tan tenue y variable, que en nada altera el aspecto y estructura del ala posterior, no es razonable fundar un género distinto del *Hemerobius*.

Según esto hago entrar de nuevo en el género *Hemerobius* las especies que venían incluyéndose en el *Boriomyia*, diciéndose, por ejemplo *H. subnebulosus, nervosus, concinnus*, etc. por lo referente a las europeas y *longifrons, transversus, coloradensis, Schwarzi, disjunctus, posticatus*, por lo que se refiere a las de los Estados Unidos.

Aunque he consignado dos caracteres del género *Boriomyia* no dejo de tener en cuenta otros que le asignó su autor, pero que no influyen en la taxonomía. Porque algunos indicados en la p. 36 (loc. cit.) le son comunes con el *Hemerobius* propio, según la misma clave de Banks. Otro, "usually four radial sectors", no es general, como se ve, en las especies colocadas bajo el grupo de *Boriomyia*, unas especies poseen 4, otras 3, y aun dentro de la misma especie varía el número en los diferentes individuos y a veces hasta es diferente en ambas alas del mismo individuo, izquierda y derecha. La cual variabilidad también se observa en otras especies del género *Hemerobius*.

13. **Hemerodomia** Nav. Ann. Soc. Scient. Bruxelles, 1909, p. 215.

Lo dicho anteriormente para el género *Boriomyia* cabe aplicarse al género *Hemerodomia*. Las figuras del ala anterior (loc. cit., p. 216) con que ilustro mi género confirman las razones que he aducido al hablar de *Boriomyia*.

Otro carácter secundario del ala anterior que atribuyo a mi género hablando de las venillas internas "prima venula (superior sive anterior) tribus spatiis a secunda separatur" no debe de ser constante, sino una anomalía del ejemplar típico, pues en otros que he visto posteriormente y que atribuyo a la misma especie, no existe.

Por lo que se refiere al ala posterior la disposición oblicua de la venilla radial que va del sector del radio a éste cerca de la base (véase fig. 6) hace que parezca haber dos sectores del radio; pero la interpretación más correcta, como he dicho para *Boriomyia*, es que existe un solo sector, con 3 ó 4 ramas.

Refundido el género *Hemerodomia* en el *Hemerobius* su especie típica se llamará *Hemerobius Buyssoni* Nav.

14. **Hemerobius subnebulosus** Steph. var. **obscura** nov.

Similis *pereleganti* Steph.

Caput totum nigrum, nitidum, oculis fusco-nigris; antennis fuscis, ad articulationes fulvo anguste annulatis; palpis fulvo-fuscis.

Thorax totus niger, nitidus.

Abdomen fusco-nigrum, nitens, pilis fulvis, sparsis.

Pedes fulvi, coxis nigris, femoribus tibiisque anterioribus et intermediis late fusco annulatis; tibiis posticis et tarsis omnibus apice fuscis.

Ala anterior membrana copiose fusco irrorata, seu venis venulisque fusco limbatis, umbris penniformibus ad venas, lineas angulatas sive fractas tranversas inter se relinquentibus; lineis distinctioribus fuscis ad venulas gradatas et limbo ad marginem externum, punctis albidis interrupto; reticulatione nigra, punctis albidis interrupta.

Ala posterior hyalina, immaculata, reticulatione fusco-nigra, ad basim pallidiore.

Long. corp. ♀	6'2 mm.
— al. ant.	10'5 "
— — post.	9'5 "

Patria. San Juan del Yermo, (Lérida), 16 y 17 de julio de 1916, dos ejemplares ♀ (Col. m.).

Distínguese con facilidad de la var. *perelegans* Steph. en que la cabeza, tórax y abdomen son totalmente negros, sin mezcla de leonado o testáceo, como en aquélla; ítem el ala anterior es más obscura o más uniformemente manchada, con las líneas o motitas pálidas más pequeñas.

15. **Hemerobius Buyssoni** Nav.

Hemerodomia Buysoni. Navás, Ann. Soc. scient. Bruxelles, 1900, p. 217.

El ejemplar que sirvió a mi descripción debió de ser ♀. Resta describir el ♂ en lo que difiere y ampliar o corregir algún tanto la descripción original.

Cerci superiores ♂ (fig. 7, a) declivi, bilobi seu bifidi, lobis elongatis, superiore angustiore et breviore.

Ala posterior (fig. 7, b) uno sectore radii, venula radiali basilari sectorem secundum simulante, 4 ramis.

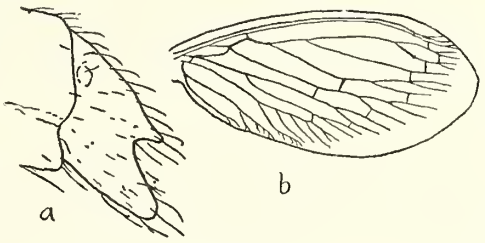


Fig. 7

Hemerobius Buyssoni ♂ Nav.

a. Extremo del abdomen visto de lado.

b. Ala posterior (parcial).

(Col. m.)

Patria. San Juan del Yermo (Lérida), 16-19 de julio de 1916, en los pinos (*Pinus uncinata* Ram.) y abetos (*Abies picea* L.).

16. **Niremberge** Nav. Rev. R. Acad. Cienc. Madrid, 1909, p. 337.

Mi género se fundó en un ejemplar anómalo, en cuya ala posterior derecha (la izquierda falta) se distinguen manifiestamente dos series de venillas gradiformes, por lo que separé la especie típica del género *Sympherobius* Banks en el

cual hay una sola serie, la interna. En la serie externa de dicho ejemplar se cuentan solamente dos venillas, por estar el ala deteriorada, pero deben de existir tres, como indiqué en la descripción de la especie. En otros ejemplares que he visto las venillas de la serie externa se reducen a una, radial o discal, y en otros a ninguna.

Sin embargo la presencia de esta segunda serie de venillas gradiformes, siquiera incoada y la de tres sectores del radio en el ala anterior parecen suficientes para mantener el género *Niremberge* y caracterizarlo con su fisonomía propia.

Y por más que Banks diga en la característica del género *Sympherobius* (Trans. Am. Entom. Soc. 1905, p. 40): "usually but two radial sectors", en realidad la especie tipo y las demás norteamericanas, de aspecto muy distinto de las que incluyo en mi género *Niremberge,* poseen dos solamente.

Añádase la forma peculiar, que ya notó Mac Lachlan, en una de las especies, de la lámina subgenital del ♂, tan diferente no sólo de los *Sympherobius,* sino también de los demás Hemeróbidos y se verá que debe considerarse como autónomo este género.

Este útimo caracter puede introducirse en la característica del género con estas palabras: ♂ Cerci superiores nulli vel brevissimi; lamina subgenitalis ingens, elongata, abdomen longe excedens.

Conozco dos especies de este género: *pellucida* Walk. e *inconspicua* Mac Lachl.

17. **Niremberge pellucida** Walk.

Hemerobius pellucidus Walker, Cat. Brit. Mus. Neuroptera, 1853, p. 284.

Hemerobius fuscescens. Wallengren, Ofv., 1864, p. 22.

Boriomyia pellucida. Banks, Trans. Am. Ent. Soc., 1905, p: 36:

Sympherobius Riudori ♀ Navás, Bol. Soc. Arag. Cienc. Nat., 1915, p. 51, f. 4.

La vista de numerosos ejemplares de ambos sexos cogidos en San Juan del Yermo (Lérida) en los pinos y abetos me ha permitido fijar definitivamente el valor de esta especie y dar a conocer la conformación peculiar del abdomen del ♂.

La lámina subgenital de éste se alarga considerablemente, distinguiéndose aun a simple vista como una colita, siendo casi horizontal, a diferencia de lo que ocurre en su congénere *inconspicua* Mac Lachl., que se arquea notablemente hacia arriba (Mac Lachlan, Trans. Ent. Soc. London, 1868, p. 177, pl. X, fig. 2).

Que no se pueda incluir esta especie en el género *Boriomyia* Banks como lo hace este autor se evidencia por la misma descripción y figura de Mac Lachlan (Trans. Entom. Soc. London, 1868, p. 177, pl. X, fig. 1), "*four gradate veinlets* in the outer series", carácter fundamental del *Sympherobius* Banks, "two series of gradate veinlets in forewings, the outer of only four veinlets" (Banks, Trans. Am. Entom. Soc., 1905, p. 40).

18. **Chrysopa vulgaris** Schn. var. **entoneura** nov. (fig. 8).

Del gr. ἔντον dentro y νεῦρον nervio; por alusión a la posición de la primera venilla intermedia del ala anterior, que cae dentro de la celdilla divisoria, contra lo que universalmente sucede en esta especie.

Similis var. *Bruchi* Nav.

Color viridi-flavus, fascia dorsali longitudinali flava.

Caput stria fusca ad genas ante oculos; atomo laterali fusco ad frontem, prope lineam mediam; palpis pallidis.

Prothorax (fig. 8, a) trapezoidalis, striola fusca longitudinali bina ante sulcum obliquum, pilis lateralibus atomo nigro insertis; stria fuscescente laterali parum definita.

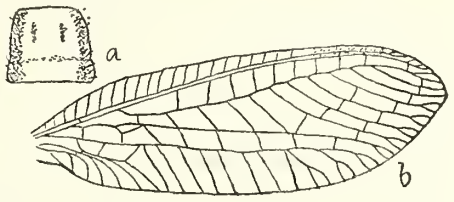


Fig. 8
Chrysopa vulgaris Schm. var. *entoneura* Nav.
a. Protórax.—*b*. Ala anterior.
(Col. m.)

Pedes pallidi, pilis fuscis, postici trochanteribus fortiter prominentibus, tibia tereti, vix compressa, linea impressa interna parum distincta, externa nulla.

Alæ viridi-pallidæ, pilis fuscis, tenuibus.

Ala anterior (fig. 8, b) venulis gradatis fere 4/7; cellula divisoria apicem cellulæ tertiæ procubitalis seu venulam tertiam procubitalem attingente; venulis intermediis 5, prima intra cellulam divisoriam inserta.

Ala posterior venulis gradatis fere 4/6.

Cetera ut in typo.

Long. corp.	7'5	mm.
— al. ant.	12	"
— — post.	11	"

Patria. San Julián de Loria (Andorra). Un ejemplar que cogí de larva el 13 de julio de 1916, alimenté dos o tres días, hiló su capullo el 16 y salió hacia el 26-29 del mismo mes.

19. **Chrysopa flavifrons** Brau. var. **vulnerata** nov.

Similis *ripariæ* Ed. Pict.

Caput flavum, vertice et occipite haud punctatis, stria grandi nigra ad genas, alia ad clypei latera; stria forti sanguinea arcuata ad antennarum basim; palpis maxillaribus nigris, ad articulationes flavidis, labialibus flavidis, apice nigris; antennis flavis, apicem versus fuscescentibus.

Prothorax viridis, marginibus lateralibus stria nigra duplici ad medium et

ad angulum posticum, alia superna fusca ad angulum anticum; ad discum stria vel puncto elongato rubro utrimque ante sulcum transversum. Meso-et metathorax virides, præscuto mesonoti flavido, immaculato.

Abdomen viride, inferne pallidius.

Alæ fere ut in typo; venulis gradatis fere 6/8 in ala anteriore, 4/6 in posteriore.

Cetera ut in typo.

Long. corp.	8	mm.
— al. ant.	13'2	"
— — post.	11'9	"

PATRIA. Castellbó (Lérida), 20 de julio de 1916 (Col. m.).

20. **Chrysopa inornata** Nav. Butll. Inst. Cat. Hist. Nat. 1901, p. 24.

El señor Lacroix en "Insecta" (1915, p. 113), sospecha que la especie que publiqué con el nombre de *craspedia* (Bol. Soc. Arag. Cienc. Nat., 1915, p. 55, f. 6, lám. 11) sea el ♂ de la *inornata* y que el engrosamiento del margen apical de las alas sea carácter sexual y no específico. Añade que a mí corresponde, ya que poseo los tipos, decidir la cuestión.

Efectivamente el ejemplar tipo de la *inornata* es ♂ y posee la dilatación característica de la *craspedia*, la cual dilatación también he observado en otros que poseían el nombre de *inornata*. Quede, pues, la *craspedia* reducida a la sinonimia y la dilatación marginal de las alas como un singularísimo carácter del ♂ de la *inornata*.

Como además en la descripción se omitió el consignar los puntos del tórax, será conveniente añadir alguna frase para aclarar y completar más la descripción del tipo.

Caput sine ullis punctis.

Thorax viridis. Prothorax latior quam longior, antrorsum modice angustatus, disco striola bina longitudinali fusca ante sulcum transversum; ad margines laterales uno vel altero puncto fusco. Mesonotum puncto fusco in præscuto utrimque ad sulcum obliquum.

Alæ in ♂ margine costali incrassato a stigmate ad apicem.

21. **Chrysopa viridana** Schn. var. **montana** Nav. Arxius de Ciencies, 1915, p. 36, (fig. 4).

Omitióse por olvido la localidad del ejemplar típico, que es Moncayo (Zaragoza), agosto de 1909.

Con ocasión de hacer esta adición he estudiado de nuevo el ejemplar típico y cotejado con otro de Cercedilla me han parecido tan grandes las divergencias con la *Ch. viridana* Schn., que ya no me atrevo a incluirlos en la misma especie, sino

que se hace necesario elevar la que llamé variedad a especie autónoma, con el nombre de **Chrysopa montana** Nav.

Para su mejor conocimiento ampliaré la descripción valiéndome principalmente del ejemplar de Cercedilla.

Similis *viridanæ* Schn.

Caput viridi-flavum, clypeo flavo, stria longitudinali forti ad genas et alia angustiore ad clypei latera, nigris; palpis flavidis, maxillaribus stria longa nigra supra tres ultimos articulos, ultimo apice flavescente; antennis flavis, primo articulo grandi, viridi-flavo.

Thorax et abdomen viridi-alba, fascia dorsali longitudinali flava; pilis concoloribus. Prothorax latior quam longior, antrorsum leviter angustatus, marginibus lateralibus nullo puncto signatis; disco striola bina nigra longitudinali pone sulcum transversum.

Abdomen inferne pallidius.

Pedes viridi-albi, pilis fuscis; tibia posteriore tereti, vix inflata, linea impressa longitudinali haud manifesta; tarsis flavescentibus, unguibus nigris.

Alæ hyalinæ, irideæ, acutæ; reticulatione et stigmate viridi-albis, pilis fimbriisque concoloribus, costa haud punctata ad basim.

Ala anterior venulis costalibus 2-3 primis totis viridibus, 2-3 sequentibus nigris ad utrumque apicem, reliquis nigris tantum ad subcostam; subcostalibus haud obscuratis; primis radialibus, intermediis et procubitalibus initio et fine, primis cubitalibus totis, nigris; initio sectoris radii et rami sectoris cubiti ítem, axillaris 1æ. nigro, seu venulis marginalibus posterioribus 3-5 initio nigris; gradatis fere 6/8 nigris (oblique visis).

Ala posterior venulis costalibus ad subcostam, radialibus ad radium nigris, gradatis fere 5/7, internis saltem viridibus.

Long. corp.	7	mm.
— al. ant.	11 -13	"
— post.	10'5-11'8	"

Patria. Moncayo (Zaragoza), agosto de 1909; Cercedilla (Madrid), 20 de junio de 1913 (Col. m.).

Aunque en su conjunto se asemeja bastante a la *viridana* Schn., el número mayor de venillas gradiformes en las alas (bastante constante en la *viridana*), el color de las costales y subcostales del ala anterior así como otros caracteres marcados en la descripción parecen separarla suficientemente.

Las estrías negras de los palpos maxilares parecen peculiares de esta especie. Por esta causa en el caso probable de que ya existiese un *Chrysopa* denominada *montana* (que al presente no la encuentro) ésta podría denominarse con propiedad *palpalis*.

22. **Chrysopa viridana** Schn. var. **marialis** Nav.

Color læte viridis, capite et fascia dorsali thoracica flavis.

Mesonotum duobus punctis anticis juxta fasciam flavam.

Abdomen superne viride, inferne pallidius, tergitis antice pallidioribus, tribus striis longitudinalibus media et lateralibus parum distinctis, fuscis.

Ala anterior venula subcostali basilari nigra, substigmalibus viridibus, gradatis 3/6 vel 4/6 nigris; furcis marginalibus haud nigratis.

Ala posterior venulis gradatis 2/6 vel 3/6, externis nigris.

Cetera ut in typo.

Long. corp.	8'5 mm.
— al. ant.	12'7 "
— — post.	12 "

Patria. María de Huerva (Zaragoza), 6 de septiembre de 1916 (Col. m.).

23. **Chrysopa iberica** Nav. var. **polysticta** nov.

Caput vertice fere octo maculis punctisve rubris: 2 anterioribus elongatis inter antennas, retrorsum divergentibus, dilutioribus; 2 posterioribus, ad medium, punctiformibus; 2 præter oculos utrimque, sanguineis, subcontiguis.

Abdomen plerisque sternitis, ultimis exeptis, macula vel stria fusco-rubra laterali.

Alæ venulis gradatis fere 4/6, nigris in ala anteriore, viridibus in posteriore. (1)

Cetera ut in typo.

Long. corp. ♂	6'5 mm.
— al. ant.	11'4 "
— post.	10'3 "

Patria. . . María de Huerva (Zaragoza), 24 de mayo de 1916 (Col. m.).

24. **Chrysopa septem pumtata** Wesm. var. **punctulata** nov.

Caput maculis frontalibus ante antennas punctiformibus, parvis, nigris.

Prothorax duabus striolis longitudinalibus brevibus, fuscis, ad sulcum transversum, seu duplici puncto utrimque ad sulcum, in modum striæ conjuncto.

Cetera ut in typo.

Patria. Romandriu (Lérida) 17 de julio de 1916 (Col. m.).

(1) En el tipo son verdes también en el ala posterior, no negras, como se dijo en la descripción.

MECOPTEROS

25. **Panorpa meridionalis** Ramb. var. **liberata** nov. (fig. 9).

A typo differt statura minore, colore pallidiore.

Caput prosostomate subtoto rubro, solum apice nigro, vel duabus lineis longitudinalibus fuscis parum distinctis.

Thorax ad latera testaceus, supra maculis testaceis grandibus, distinctis.

Pedes subtoti testacei.

Alæ membrana levissime fulvo tincta, maculis fusco-nigris, furca apicali prima sive sectoris radii brevi, ultra apicem stigmatis sive radii orta, plerumque libera, venula radiali ultima seu substigmali non ad ipsam, sed ad ejus petiolum decidente; thyridio parum sensibili, haud fusco limbato.

Ala anterior (fig. 9) quatuor maculis distinctis ante fasciam stigmalem, seu fascia antemedia in duas maculas divisa, plerumque distantes, raro subcontiguas.

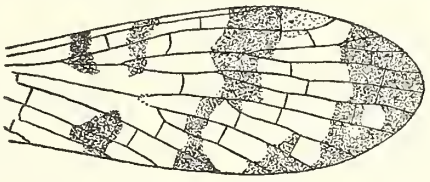


FIG. 9
Panorpa meridionalis ♂ Rb.
var. *liberata* Nav.
Ala anterior (incompleta).
(Col. m.)

Long. al. ant.. . . . 11'5—12 mm.
— post. . . . . 10'5—11 "

PATRIA. Cataluña. Refiero a esta variedad algunos ejemplares de mi colección de las siguientes localidades: Miracle (Lérida), septiembre; Manresa (Barcelona), 27 de julio de 1914; Gerona, 18 de septiembre de 1914; San Hilario (Gerona), 5 de agosto de 1905; Olot (Gerona), 25 de agosto de 1910.

El tamaño menor que el tipo y la mayor palidez de todo el cuerpo y especialmente de las fajas de las alas y el tinte amarillento de la membrana le dan un aspecto que la caracteriza a la vista. Hacía años que tenía estas formas con intento de revisarlas un día.

Lo que con más precisión distingue esta variedad es la cortedad de la horquilla apical primera de las alas, la cual no está enlazada con la venilla radial última, como suele suceder en las otras formas, sino libre y peciolada, cayendo dicha venilla radial en el pecíolo de la misma horquilla (fig. 9).

26. **Panorpa meridionalis** Ramb. var. **germanizans** nov. (fig. 10).

A typo differt alis parum maculatis, prope ut in *P. germanica* L.

Furca (seu fascia transversa fusca) stigmalis in utra que ala obsoleta (fig. 10),

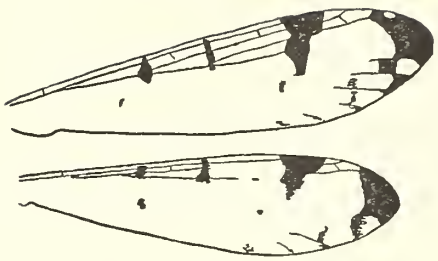


FIG. 10
Panorpa meridionalis Ramb.
var. *germanizans* Nav.
Alas (esquemáticas).
(Col. m.)

utroque ramo posteriore vix indicato, externo lineola marginali fusca expresso, interno atomo bino fusco. Fascia transversa prima ante medium stria nigra inter costam et sectorem radii indicata, seu macula posteriore ejusdem penitus obsoleta vel solum atomo procubitali insinuata.

Ala anterior macula prope basim penitus obsoleta.

PATRIA. Cuntis (Pontevedra) Un ejemplar ♂ cogido por el P. Luis María Alves S. J. (Col. m.).

He llamado *germanizans* esta forma española de la *Panorpa meridionalis* a causa de los dibujos o manchas de las alas que la acercan a la *germanica* o le dan un marcado parecido. Las manchas negras se reducen en ambas alas a dos pequeñas estrías transversas de la costal al procúbito, otra estría estigmal, ancha en el margen costal, estrechada posteriormente hasta el procúbito, donde se desvanece, y un limbo estrecho apical. Las ramas posteriores de la faja en Λ estigmática apenas están indicadas por una sombrita de una venilla o extremo del cúbito.

Parécese asimismo a la var. *fenestrata* Nav.; pero en ésta se distinguen mejor la rama interna de la faja en Λ y el tiridio; además la mancha basilar en el ala anterior y la posterior de la primera banda en ambas alas es manifesta.

SOCOPTEROS

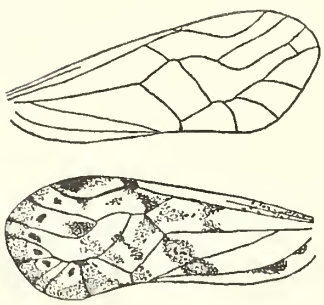


FIG 11
Psocus sexpunctatus L.
Ala anterior derecha
(sin dibujos) e izquierda.
(Col. m.)

27. **Psocus sexpunctatus** L. (fig. 11).

En un ejemplar cogido en el Moncayo (Zaragoza) el día 24 agosto pasado haré notar lo siguiente:

El ala anterior, que está bien coloreada, ofrece dos anomalías dignas de consideración (fig. 11). La derecha tiene una venilla entre el ramo posterior de la horquilla apical 1.ª y la siguiente. En la izquierda el procúbito da un ramo de más, resultando una celdilla marginal suplementaria, no marcada de punto, como las dos que la preceden y siguen.

28. **Ectopsocus Strauchi** Enderl. Stett. Entom. Zeit, 1906, p. 315.

La patria original de esta especie es Canarias. Enderlein la cita de La Paz (10 de agosto de 1902); en mi colección existe de Laguna de Tenerife, (10 de abril de 1904).

He visto dos ejemplares cogidos en Barcelona por el señor Codina, que llevan este rótulo: "En un plátano, que trajeron de la compra, 20.XII.1915".

¿Podrá añadirse esta especie a la fauna de nuestra península y por consiguiente de Europa? Me inclino a creer que sí. Siendo tantos los plátanos (y otros vegetales) importados de Canarias y tan grande la vitalidad de esta especie, pues se ha encontrado viva desde 10 de abril hasta el 20 de diciembre, es lo más probable que se haya extendido y propagado siquiera por los jardines y huertos de Barcelona y sus cercanías. Si en ellos se hallase o bien en otra localidad, v. gr., Valencia o Málaga, la duda se disiparía.

TRICOPTEROS

29. **Stenophylax barnolanus** sp. nov. (fig. 12).

Similis *spinifero* Mac Lachl.

Caput pilis fulvis hispidum, fuscum, parte anteriore fusco-testacea; verrucis occipitis grandibus, ellipticis testaceis; oculis fuscis; antennis fuscis, apice articulorum fulvo; primo articulo cylindrico, grandi, capitis longitudini subæquali, inferne subtoto testaceo; palpis testaceis.

Thorax fuscus, pilis aureis.

Abdomen fuscum, ultimo sternito et cercis superioribus testaceis.

Pedes testacei, femoribus fuscis, apice et linea laterali testaceis.

Ala anterior (fig. 12) brevis, in tertio apicali lata, apice rotundata, angulo postico obtuso, rotundato; membrana fulvo tincta, immaculata, ad stigma fuscescente; pubescentia fulva; reticulatione fulvo-testacea; nygmate in secunda furca apicali distincto, fusco; striola albida ad thyridium, alia minore ad arculum; cellula discali plus duplo longiore suo petiolo, margine anteriore vix concavo; venula intermedia seu ad basim cellulæ IV apicalis vix obliqua.

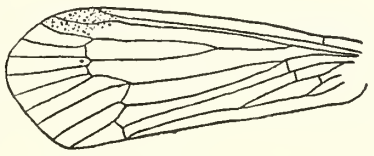


FIG. 12
Stenophylax barnolanus Nav.
Ala anterior.
(Col. m.)

Ala posterior hyalina, iridea, ad apicem fulvata; reticulatione, pilis fimbriisque fulvis; nygmate sensibili, fulvo; venula intermedia sive IV cellulæ apicalis fortiter obliqua; cellula discali multo longiore suo petiolo, sed haud duplo, fere 3: 2.

Long. corp. ♀	8'2 mm.
— al. ant.	10'7 "
— — post.	9'4 "
Lat.—ant. (ad. ang. post.).	3 "

Patria. Andorra, 8 de julio de 1916.

He llamado bernolana esta especie en obsequio de mi fiel compañero y colaborador en la excursión que verificamos a Andorra, R. P. Joaquín M.ª de Barnola, S. J.

Es del aspecto de los *Stenophylax spinifer* y *alpestris;* pero de ellos y de otros semejantes se distingue a primera vista por la notable anchura del ala anterior al nivel del ángulo posterior, el cual cae muy afuera, lo cual hace parecer más corta esta ala en comparación de las de otras especies similares. Asimismo es notablemente larga la celdilla discal de la misma en comparación de su peciolo.

30. **Philopotamus hispanicus** Mac Lachl (fig. 13).

Philopotamus variegatus Scop. var. *hispanica.* Mac Lachlan, Revision and Synopsis, 1878, p. 368.

De esta forma escribe así Mac Lachlan (loc. cit): "Differs especially in the spots of the anterior-wings being more numerous and paler (almost whitish-yellow); apical fork No. 4 with a footstalk. Posterior-wings much paler, with very distinct whi tish-yellow spots round the apical margin, and a faint paler reticulation in the apical portion: the neuration dark and very distinct (in consequence of the paler ground). Expanse ♀ 26-29 ½ mm. = Spain, Sierra de Gredos, Bolívar. = I strongly suspert that this is a distinct species, but cannot decide in the absence of the ♂. I have two ♀ before me".

Varias veces he andado incierto respecto de esta forma, cuyos ejemplares unas veces he referido al *Ph. montanus* y otras al *variegatus* por su gran analogía con el primero en los cercos del ♂ y no menor semejanza con el segundo en el tamaño, color, malla de las alas, etc.; hasta que la captura de muchos ejemplares de ambas especies, *montanus y variegatus* en Andorra me ha hecho revisar los que anteriormente poseía con estos nombres de la península ibérica y hecho reconocer la forma de Mac Lachlan como especie autónoma, confirmando la fuerte sospecha de aquel eminente entomólogo.

Será conveniente ampliar la breve característica de Mac Lachlan y dar la descripción más extensa del ♂.

Caput fuscum, fulvo pilosum, verrucis occipitalibus ferrugineis; oculis fuscis; palpis fulvis; antennis fulvis, in medio basilari ad articulationes fusce-scentibus.

Thorax fuscus, fulvo pilosus.

Abdomen fuscum; ♀ cercis superioribus prominentibus, ovali-ellipticis, fulvis; ♂ (fig. 13) cercis superioribus angustis, oblongis, marginibus superiore et inferiore subparallelis, apice rotundatis, fuscis; cercis inferioribus fuscis, articulo primo sine dente interno, ramis pallidioribus, ramo superiore forti, apice denticulis nigris internis, ramo inferiore paulo longiore, basi leviter constricto, subcylindrico, obtuso; copulatore basi lato, sensim angustato, apice subito lateraliter dilatato leviterque deorsum inclinato; tegula copulatoris triangulari, postice rotundata; valvis lateralibus copulatoris subulatis, parum tegulam excedentibus.

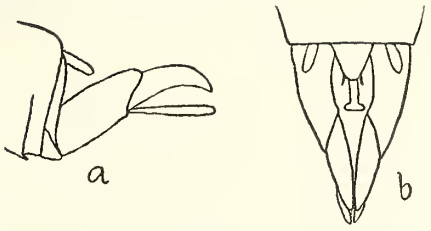


FIG. 13
Philopotamus hispanicus ♂ Mc. Lchl.
Extremo del abdomen: *a.* visto de lado;
b. visto por encima.
(Col. m.)

Pedes fulvi, coxis fuscis, apice fulvis; calcaribus longis, fuscis.

Alæ apice elliptice rotundatæ, furca apicali prima petiolata.

Ala anterior tota fusca, maculis crebris grandibus fulvo-albidis conspersa, ita ut major pars sit pallida quam fusca; reticulatione fusca, ad maculas pallidas fulva; furca apicali quarta manifeste petiolata, breviore tertia.

Ala posterior fusco-pallida, guttis apicalibus a stigmate ad postcubitum, seu ad duas areas pone furcam apicalem 5; plerumque aliis guttulis minus manifestis internis guttæ apicali sive marginali; reticulatione fusca, furca apicali 2 sessili, 3 longiter petiolata.

	♂		♀	
Long. corp.	7	mm.	7	mm.
— al. ant. . . .	10'7	"	12	"
— — post. . . .	9'9	"	10'9	"

PATRIA. España. En mi colección poseo ejemplares de Setcasas, Gerona (Codina), Montseny (Barcelona), Sierra de Guara (Huesca), Ortigosa (Logroño), Escorial (Madrid).

31. **Philopotamus hispanicus** Mac Lachl. var. **aurea nov.**

Antennæ fusco et fulvo subæqualiter annulatæ.

Alæ pubescentia fusco-aurea, reticulatione fusco-pallida.

Ala anterior punctis aureis minutis parum visibilibus, fere cum reliqua pubescentia continuatis, vel parum conspicuis in campo fusco-aureo; macula stigmali aurea distintiore; reticulatione fusco-pallida.

Ala posterior membrana parum fuscata, fere fulvo-aureo tincta, vel pubescentia fulvo-aurea vestita, hyalina, iridea; punctis marginalibus aureis parum

distinctis ,stigmali distinctiore, reticulatione ad alæ marginem externum obscuriore, fusca.

	♂	♀
Long. corp.	7 mm.	9 mm.
— al. ant. . . .	10'5 "	11'5 "
— — post. . . .	9'2 "	9'9 "

Patria. Moncayo (Zaragoza), julio, agosto; Humoso (Orense) 7 de julio de 1915 (Col. m.).

Caracterízase principalmente por la pubescencia dorada de las alas que las invade en toda su extensión, dándoles un aspecto poco variado y con tendencia a ser uniforme, sobre todo en el ♂. En el ala anterior las manchas doradas son poco visibles, o apenas campean sobre el fondo, que es próximamente del mismo color o poco más obscuro; en algunos ejemplares se distinguen algo más, obscureciéndose el fondo, especialmente el tercio anterior. En todo caso los puntos son menudos o notablemente más pequeños que en el tipo.

En el ala posterior el tinte general tira también al leonado o dorado, por lo cual tampoco resaltan mucho los puntos marginales.

En el tamaño general y en especial de las alas se acerca al tipo.

32. **Philopotamus hispanicus** Mac Lachl. var. **lucida** nov.

Ala anterior fusca, punctis crebris parvis aureis conspersa, vel aurea, striolis transversis fuscis; apice ramorum ad marginem externum fusco limbato; gutta fusca initio sectoris radii, apice rami posterioris furcæ apicalis quinta, ad arculum; furca apicali 1 sessili, 4 breviter petiolata.

Ala posterior membrana fusca, punctis marginalibus aureis distinctis a stigmate ad venam postcubitalem, seu duabus areis ultra furcam apicalem 5; interdum atomis aureis internis puncto marginali.

Cetera ut in typo.

Long. corp. ♀	9 mm.
— al. ant.	12 "
— — post.	10 "

Patria. Valvanera (Logroño), 23 de julio de 1912.

Distínguese esta variedad por la brillantez de los puntos dorados del ala anterior que se destacan sobre el fondo pardo, como sucede, v. gr. en el *variegatus*. En el ala anterior son numerosos, menudos, de suerte que pudiera estimarse dorado el fondo y salpicado de puntitos o gotitas pardas, que forman sombras en algunos sitios; en el ala posterior con frecuencia se ve algún otro punto dorado por dentro del marginal. La forma de las alas es la ordinaria, oval elíptica.

33. **Philopotamus hispanicus** Mac Lachl. var. **grisea** nov.

Minor.

Antennæ fere ex æquo fulvo et fusco annulatæ, vel latius fusco.

Alæ angustæ, apice elliptice rotundatæ, reticulatione fusca.

Ala anterior membrana fusca punctis parvis aureis vel griseis ad alæ medium, puncto aureo stigmali majore nitidioreque, plagula fusca majore ad initium stigmatis et ad arculum; furca apicali prima plerumque sessili vel breviter petiolata. quarta fere semper sessili.

Ala posterior fusco pubescens, reticulatione distinctiore; punctis marginalibus aureis parum distinctis, pallidis, sive aureo-griseis; furca apicali prima sessili vel breviter petiolata, quarta longiter, sed ipsa longiore suo petiolo.

	♂	♀
Long. corp. . . .	5'5 mm.	6 mm.
— al. ant. . . .	8 "	9'5 "
— — post. . .	7'5 "	8 "

Patria. Moncayo (Zaragoza), julio y agosto, Ortigosa y Valvanera (Logroño), julio.

El aspecto es el del tipo, pero más pequeño, de alas más estrechas, de puntos dorados menos visibles sobre fondo pardo, más menudos con tendencia a tornarse grises hacia el centro del ala anterior, la cual por este motivo aparece grisácea. El aparato genital es idéntico al tipo.

En dos ejemplares de Valvanera algo mayores (las dimensiones arriba indicadas son la media) que, sin embargo refiero a esta variedad, los puntos son más visibles y resaltan más sobre el fondo.

34. **Rhyacophila andorrana** sp. nov. (fig. 14).

Similis *occidentali* Mac Machl.

♂ Caput fulvo-fuscum, fulvo pilosum; oculis fuscis; palpis fuscescentibus, fulvo pilosis; antennis fuscis, ad articulationes fulvis, primo articulo grandi, cylindrico, ante apicem inflato, paulo, longiore quam latiore, subtoto fusco.

Thorax fuscus, ad margines posteriores segmentorum pallidior, fulvo pilosus.

Abdomen superne totum fuscum, appendicibus concoloribus, inferne fulvum, tribus ultimis segmentis fuscis; processu dorsali (fig. 14, b) pentagonali, acu-

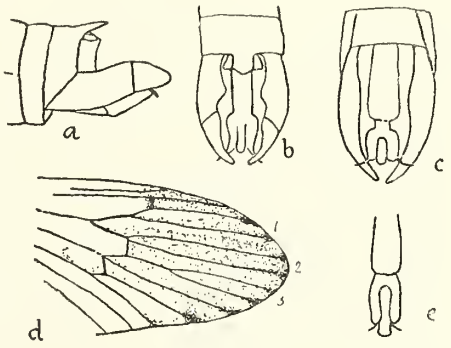


Fig 14

a, b, c, d. Rhyacophila andorrana ♂ Nav. *a, b, c.* Extremo del abdomen visto de lado, por encima y por debajo.—*d.* Extremo del ala posterior.—*e. Rhyacophila occidentalis* Mac Lachl, copulador.

(Col. m.)

to, lobis lateralibus (fig. 14, a, b) brevibus, apice recto truncatis; cercis inferioribus (fig. 14, a, b, c) fuscis, articulo basilari longo, adscendente, margine inferiore leviter concavo, ad apicem seu superne ante secundum articulum dente interno (fig. 14, b), secundo articulo subduplo breviore, margine posteriore obliquo (fig. 14, a), haud sensibiliter concavo apice rotundato; valvis copulatoris quasi pedunculatis, superioribus subnigris, geniculatis, deorsum et apice extrorsum arcuatis, acutis (fig. 14, b); inferioribus (fig. 14, c) obtusis, seu apice rotundatis, subduplo longioribus quam latioribus.

Pedes toti fulvi, tibiis anterioribus et mediis superne ad medium et ad apicem fuscis; tarsis posterioribus superne fuscis; calcaribus intermediis et posterioribus fuscis.

Alæ apice parabolico, membrana hyalina, reticulatione fuscescente, pallidiore in ala posteriore, apice ramorum apicalium fusco limbato (fig. 14, d).

Ala anterior membrana fulvo leviter tincta, tota notis fuscis respersa, latioribus et distinctioribus ad utrumque apicem stigmatis, pone illud ad discum, ad arculum, pone ramum procubiti, ad medium usque ad cubitum; thyridio pallido, albido, subtriangulari, distincto, fusco limbato; puncto albo ad arculum; furca apicali 3 plus duplo longiore suo petiolo (usque ad venulam intermediam), 4 quinquies saltem longiore suo petiolo; sectore radii ad bifurcationem plane fusco.

Ala posterior (fig. 14, d) ad tertium apicale leviter fusco umbrata, ad apicem externum stigmatis fusca macula distincta; furca apicali 3 triplo longiore (ad ramum anticum) suo petiolo, venula intermedia sesqui distante ab origine furcæ 3 quam a furca thyridii, seu ab ipso thyridio; hoc pallido, exiguo; lobulo axillari grandi, ovali, hyalino.

	♂	♀
Long. corp. . .	11 mm.	13 mm.
— al. ant.. .	15 "	17'7 "
— — post. . .	13'2 "	16'4 "

Patria. Andorra. Soldéu, 11 de julio de 1916, Canillo, 12 de julio de 1916 (Col. m.).

Es tal la semejanza con la *occidentalis* Mac Lachl. según un ejemplar ♂ de Panticosa en mi colección, en todo conforme con la descripción y figura de Mac Lachlan, que convendrá hacer notar las diferencias.

El color y los dibujos en general son más obscuros.

En la *occidentalis* las valvas del copulador (fig. 14, e) parecen sentadas y son mucho más largas que en la nueva especie.

Zaragoza, 13 de octubre de 1916.

PRESENTED
17 JUN 1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 8

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTO

DATOS REFERENTES A LA SISMICIDAD DE LA PORCIÓN ORIENTAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

POR EL

R. P. MANUEL M.ª S. NAVARRO NEUMANN, S. J.

Director de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada)

MEMORIA PRESENTADA POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. E. FONTSERÉ

Publicado en febrero de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 8

BRITISH MUSEUM

DATOS REFERENTES A LA SISMICIDAD DE LA PORCIÓN ORIENTAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

POR EL

R. P. MANUEL M.ª S. NAVARRO NEUMANN, S. J.

Director de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada)

MEMORIA PRESENTADA POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. E. FONTSERÉ

Publicado en febrero de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

DATOS REFERENTES A LA SISMICIDAD DE LA PORCIÓN ORIENTAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

POR EL

R. P. MANUEL M.ª S. NAVARRO NEUMANN, S. J.

Director de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada)

MEMORIA PRESENTADA POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. E. FONTSERÉ

Sesión del día 22 de noviembre de 1916

Habiendo recogido algunos aunque pocos datos referentes a terremotos sentidos en España desde los más remotos tiempos, con objeto de formarnos una idea menos incompleta de la sismicidad de nuestro suelo, entresacamos en estas pocas cuartillas los correspondientes a la porción N. E. y a la E. de la Península, esto es, al antiguo territorio de la Corona de Aragón, con escasa diferencia. Esta división, motivada por el deseo de ofrecer a esta R. A. un modesto tributo relacionado más directamente con su situación territorial, es en realidad menos artificiosa de lo que a primera vista pudiera parecer, y abarca la II región (fosa tectónica del Ebro), de las V que admitimos en una nota no ha mucho publicada (1)

Surgido el macizo primitivo de la Península Ibérica, entonces isla, aproximadamente en la porción que hoy ocupa el territorio situado al W. del meridiano de Madrid, y en la época de los plegamientos hercínicos, esto es, al finalizar la época primaria, testigo todavía del inmenso derrubio que produjera la falla del Guadalquivir, diéronse tregua durante luengos períodos los plegamientos violentos por acciones tangenciales y las estratoclasis en grande escala. En los tiempos secundarios, más tranquilos, tan ricos en transgresiones y regresiones marinas, esto es, en movimientos epirogenéticos o de balanceo, en contraposición con los orogenéticos anteriores, la dicha porción occidental, salvo en regiones poco extensas, mantúvose siempre emergida, mientras se formaba la oriental de la Península, a expensas de los depósitos de aquellas aguas, y en particular de los mares cretáceos, y se acumulaban importantes manchones en el talud de la falla

(1) Algunos datos sobre la sismicidad de España durante los años 1909-1914, *Bol. de la R. Soc. española de H.ª nat. Diciembre 1915.*

del Guadalquivir al pié de Sierra Morena, labio de la misma, suavizado hoy por la acción niveladora de los tiempos.

Durante el terciario, los ingentes lagos del Duero y del Tajo avanzan considerablemente sobre la Meseta, mientras que en la porción oriental de la Península se forma el del Ebro, esta vez sobre los depósitos secundarios, y al que en el mismo período bordeará, por el N. la cordillera Pirenáica y por el E. la cordillera Catalana, una de las más recientes del Globo y perteneciente a la última fase de los plegamientos Alpino-Himaláyicos, esto es, a la Alpino-Dinárica, como lo es también Sierra Nevada, surgida empero muy verosímilmente un poco antes. Desecados los lagos, y adquirido el aspecto con poca diferencia, actual, a fines del cuaternario, aparecen los notabilísimos volcanes de Olot, jalonados al N. con el macizo francés de Agde, al S. con los islotes Columbretes, las erupciones basálticas del Cabo de Gata, las andesíticas de la isla de Alborán, las de Melilla... manifestaciones probablemente más antiguas que las olotinas, reducidas hoy, al menos en sus manifestaciones externas, al curiosísimo fenómeno de los *bufadors.* (1)

Nos ocuparemos, pues, de los sismos sentidos en la fosa tectónica del Ebro y sus anejos, en esta rápida enumeración, que sólo el deseo de facilitar el conocimiento de la sismicidad de nuestro suelo, tarea principal de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada) actualmente a nuestro cargo, nos decide a presentar este trabajo donde han visto la luz los de tan distinguidos sismólogos y tan conocedores de la Sismología Catalana como lo son los señores Profesor doctor Fontseré y señor Comas Solá, a cuyos nombres es de justicia asociar el del presbítero doctor don Mariano Faura Sans.

Las bases de nuestro modesto trabajo serán, a más del interesante trabajo de éste último "*Sismología Catalana*", el que casi pudiéramos llamar último de entre los verdaderamente notables del célebre profesor inglés Milne "*A Catalogue of destructive earthquakes, A. D. 7 to A. D.* 1899", y a otras fuentes, que indicaremos oportunamente.

El presbítero doctor Faura Sans emplea la escala Forel-Mercalli, a la que nos atendremos, a ser posible. Milne dividió los terremotos de su lista en atención a su máxima intensidad, a la vez que al radio medio de su area de moción realmente nociva, intentando reunir dos características no siempre íntimamente ligadas, dado que la máxima aceleración alcanzada en el área meizosísmica está en razón inversa de la conductibilidad del terreno, lo que equivale a decir se halla en razón directa de la absorción que éste ejerce al transmitir el movimiento sísmico

---

(1) Bien merecería se le estudiase a fondo, ideando los aparatos necesarios, y aun se le tratase de reproducir artificialmente para explicar así mejor su génesis, o al menos para dar una hipótesis razonable y apoyada por la experimentación, como lo hicieron los profesores K. Honda y T. Terada con el pequeño geyser de Atami (*Publications of the Imper. Invest. Committee núm. 22-B. Art. 4, Tokyo 1906* modelo de paciente investigación y de ingenio.

a la vez que de las características de éste, mientras que el área de sacudimiento depende más directamente del trabajo realizado por el sismo en un espacio de tiempo dado. Muchos de los terremotos clasificados I por Milne seguramente no han llegado a violentos, y aún algunos II quizás no hayan pasado de la dicha categoría, y precisamente lo incompleto de la dicha lista, atribuible no a dicho sabio, sino a las fuentes a las que recurrió, ha sido la causa motiva de que recogiésemos algunos datos en el escaso tiempo que pudimos dedicar a un trabajo que, para ser realmente aceptable, hubiera exigido consultar numerosas bibliotecas y archivos con los consiguientes viajes y considerables desembolsos.

Las citas tomadas de Milne se anotarán con una M, con una F las del notable trabajo del doctor Faura y con las convenientes indicaciones las demás, y sólo trataremos de los sismos más notables, esto es, de los que hayan sido cuando menos violentos, e incidentalmente de sus réplicas.

Terremotos más notables sentidos en la porción Oriental de la Península Ibérica, desde los tiempos más remotos hasta 1915, agrupados en periodos sísmicos

N.º de orden	FECHA			Localidad, etc.	Intensidad	Autoridad	NOTAS
	Año	Mes	Día				
1	— 349			Costas del Mediterráneo			Terrible, y más en particular en Sagunto, según Florian de Ocampo, III, Cap. XXV.
2	+ 585			Francia-España			Ambrosio de Morales, XI, Cap. LXXI, dice hubo dicho año grandes terremotos en Francia, que llegaron hasta España, donde cayeron de los Pirineos grandes peñascos, haciendo harto destrozo, en gentes y ganados. M. trae: *579-580, Francia, Burdeos y Pirineos, I».* Lo menos IX y probablemente X F. M.
3	1224	Novbre.	16	Barcelona	IV	F	Es probable sea el mismo M: *1225, invierno, (Bouches du Rhône), Aix, III»*, el que, de haber merecido la tal clasificación, ciertamente hubo de ser fuerte y aun tal vez violento en buena parte de la provincia de Gerona.
4	1374	Febrero	2	Ribagorza			M. trae: *1372 distrito de Ribagorza (Aragón) I».* Según Gerónimo de Zurita X, Cap. XVI, de quien es la fecha adoptada, «cayeron grandes peñascos de los Pirineos en el Condado de Ribagorza, y murieron muchas gentes en las montañas y en tierra llana y se hundieron muchas torres y casas, y fué muy grande el daño que se recibió» X F. M.
5	1396	Dicbre.	18	Valencia			Nipho lo pone en 1394 y añade derribó muchas casas en Valencia y en los confines con Castilla (¿provincia de Cuenca? ¿Albacete?). Escolano, H.ª de Valencia, III, 394 lo pone en 1396 y lo mismo hacen otros autores, por lo que nos parece más probable dicho año que el de 1395 admitido por M., quien añade «*provincia de Valencia y en Tortosa, II*». G. de Zurita, X Cap. LXII, dice «hubo grandes terremotos en todo el reino de Valencia hasta Tortosa, hundiéndose varias torres e Iglesias y el Monasterio de Valdigna. Los temblores principales fueron tres, y tuvieron lugar entre las primeras horas de la mañana y las de la tarde.
6	1410	Marzo	30	Barcelona	VII	F	M. no lo trae, y como debió pasar de VIII en el epicentro, quizás sea el mismo que el siguiente, al que F no cita, y cuya fecha estuviera equivocada.
6′	1420			Cataluña	II	M	
7	1425	Febrero	9	Barcelona		F	En las Actas del Concejo Municipal de Barcelona se menciona una procesión general de penitencia habida por razón del dicho terremoto, lo que allí le asigna el grado VII, por lo menos, de no haber sido muchas las réplicas, y el VIII al epicentro, o tal vez más.
8	1427	Mayo	15	Olot	II	M	Este período sísmico, el mas notable de los de Cataluña, comenzó el 23 de Febrero, si bien el terremoto más destructor, de los muchos que se sintieron, fué el del 15 de Mayo, al que siguieron numerosísimas réplicas; la mas fuerte fué la del 25 Diciembre a las 11 (VIII en Barcelona, F). Don Alfonso el de Antequera tomó la Villa bajo su Real protección, y expidió desde Valencia el 30 de Septiembre del mismo año dos privilegios para su reconstitución (núms. 201 y 202 del Archivo de Olot, H.ª... del Sr. Paluzíe).

N.º de orden	FECHA			Localidad, etc.	Intensidad	Autoridad	NOTAS
	Año	Mes	Día				
8	1428	Febrero	2	Olot	II	M	Aun más violento que el del 15 de Mayo del año anterior, acabó de asolar a Olot y a Castelfullit, destruyendo gran parte de lo reedificado. Fué violento en la Cerdaña, Canigó y el bajo Rosellón. En Barcelona arruinó varios edificios, con algunas víctimas, 15 de las cuales perecieron aplastadas por el desplome de una O que existía sobre la puerta principal de Santa María del Mar. Hubo procesiones de penitencia, siendo extremado el terror que causaron estos temblores, tanto por su violencia, como por la frecuencia de sus repeticiones. Paluzíe, Bofarull, H.ª de Cataluña, V, 447.
9	1448	Mayo	25 (1)	Barcelona y Vallés (Llinás)	VIII	F	En el Vallés 108 personas sufrieron graves daños (sic) por las casas derruídas, especialmente en Llinás. El castillo nuevo de Barcelona sufrió mucho. Interesó principalmenie la región costera catalana hasta el Rosellón.
10	1474	Dicbre.	6 (noche)	Valencia			Escolano, H.ª de Valencia, III, 533
11	1523			Valencia			» » 591. No consta ni el día ni el mes.
12	1599	Enero		Gandía (Valencia)			Ruína de algunas casas y otros edificios en Gandía y en sus alrededores, y en particular del Convento de San Gerónimo de Cotalúa. (Dic. Enciclop. Montaner y Simón). M. no lo cita.
13	1615			Onteniente (Valencia)			(D. E.)
14	1620			Alcoy (Alicante)			Escolano III, 735
15	1628	Abril	5	Barcelona	V	F	
16	1656			P.ª de Valencia			Gran terremoto. En la villa de Ademuz, derribò la Iglesia, con más de 40 casas, y hubc muchos heridos (VIII y aun tal vez IX F. M.) (D. E.)
17	1721	Marzo	24	Isla de Mallorca	I	M	
18	1723	Marzo	23 (6 3/4)	Valencia			El Conde de Montessus de Ballore, en su *Bibliografía general de temblores y terremotos*, 280-281, número 1718, cita una monografía anónima sobre los estragos hechos por este terremoto, y núm. 1719 «CARRASCO ESTEVAN, FELIX, *Relación de las ruinas causadas en Valencia, 23 de Mayo 1723 y 2 de Abril 1748* , impreso también sin lugar ni fecha.
19	1724	Febrero		Gandía			Citado por D. Pablo R. G. Ossorio, *Despertador y recuerdo*—, p. 12 (folleto impreso en Sevilla en 1755, a raiz del gran terremoto de Lisboa).
20	1748	Abril	2	Valencia			Tomamos de la cita de M. de B. esta fecha como la del terremoto más notable de la serie, cuando Escolano III, 917, lo trae el 23 de Marzo, confundiendo quizás esta fecha con la correspondiente al sismo de 1723, aunque bien pudiera corresponder a algún fuerte temblor premonitorio. Hubo gran número de víctimas, consecuencias de los muchos templos y casas arruinadas e innumerables réplicas. La ciudad de Valencia eligió con esta ocasión por patrono a S. Francisco de Borja, S. I. lo que indica alcanzó allí lo menos el grado VII F. M. Segun el D E. en Montesa se rajó la peña sobre la que se erguía el famoso Convento-Castillo de los Caballeros de igual nombre, quedando éste al ras del suelo, con algunas víctimas. Es extraño lo haya omitido M. con ser, hasta la fecha, el mas notable de los sismos valencianos.

N.º de orden	FECHA			Localidad, etc.	Intensidad	Autoridad	NOTAS
	Año	Mes	Día				
21	1802	Enero	17	Torre de la Mata y Torrevieja (P.ª de Alicante)	I	M	
22	1817	Marzo	18	N. de España	II	M	M. añade: de Santander a Tarragona, en la Rioja, Vizcaya, Aragón y Cataluña. Mayores daños en la Rioja, Arnedo, Arnedillo y Logroño. M. de B. «*Les Tremblements de Terre*, 303» le asigna el 18 de *Mayo* e indica haber sido violento en los alrededores de Calahorra.
—	1823	Enero	10	(Murcia y Valencia)	II	M	«*Orihuela, Cartagena y Alicante*», según M. Según D. E. fué notable en Murcia. Seguramente la categoría II resulta exagerada y el sismo murciano, y cuando más allí VII F. M.
—	1828	Sepbre.	15	(Murcia y Valencia)	III	M	Añade «Lorca, Orihuela, Torrevieja, Torre de la Mata, *Valle del Segura*», cuando indudablemente el área pleistosista se halló en este último y en su porción denominada *Huerta de Murcia*. Allí la ruína fué grande por ser muchos los terremotos violentos y destructores, que intercalados con mas de 300 medianos y débiles se sucedieron durante varios meses, hasta mediados de 1829. El mas fuerte de todos fué el del 11 de Abril de 1829, al que M no cita, a pesar de no haber cedido en violencia al del 15 Septiembre del año anterior, que inició la serie.
23	1829	Marzo	21	Torrevieja (Alicante)	III	M D E	M. le asigna el mismo epicentro que a la serie anterior, lo que resulta inadmisible, aunque facilmente explicable por no distar mucho ambos epicentros, por lo que ciertamente se sentirían en Murcia los mas fuertes, si bien con intensidad mucho menor. Estos sismos asolaron a Torrevieja y a otras poblaciones vecinas con numerosísimas víctimas (X. F. M.) habiendo que reedificar a Torrevieja y a Guardamar, lo que se hizo con casas de un solo piso, de gran solidez y alineadas en calles de gran anchura. El terremoto más fuerte fué el del 18 de Abril y las réplicas numerosísimas.
24	1845	Mayo	23	Teruel	I	M	
25	1845	Octubre	7	P.ª de Tarragona	I	M	Tivisa, Vandellós, Pratolip, M.
26	1848	Julio	19	Aragón (Torres)	I	M	Fueron varios, y notables sobre todo en el Albarracín, según M. de Ballore.
27	1851	Mayo	15	Isla de Mallorca	II	M	
27′	1853	Enero	27	Barcelona	I	M	El no citarlo F lo hace dudoso y permite afirmar que, al menos en la Capital, no solo no fué destructor, sino que ni aun fuerte.
27″	1855	Dicbre.	6	Barcelona	I	M	Id.
28	1861	Octubre	17	Alicante	I	M	
29	1872	Mayo	19-23	P.ª de Valencia		D E	Varios terremotos que en Carlet hundieron algunas casas (VIII F. M.), y fueron violentos en Benimodo, Alginet y Alcudia. M no lo cita.
29′	1875	Junio	9	Barcelona	I	M	Procede la noticia del *Times*. Sospechoso por omitirlo F.
30	1902	Sepbre.	8-10	Pirineos y S. de Francia			En España; S. Sebastián y Zaragoza. El 2.º terremoto se sintió en Panticosa. La inundación producida por el Tajo, que también cita A. Sieberg en su *Handbuch für Erdbebenkunde*, 27, de ser cierta, fué por pura coincidencia.

N.º de orden	FECHA Año	Mes	Día	Localidad, etc.	Intensidad	Autoridad	NOTAS
31	1903	Febrero	25	P.ª de Alicante			Sieberg, 27.
32	1909	Febrero	22	Elche y Crevillente (P.ª de Alicante)			Tres temblores V, VII y IV F M. a las 5, las 8 y las 8 y minutos, el segundo precedido por un ruido que oyó todo el vecindario. Sentido también este terremoto en Alicante, Aspe y Santa Pola, y registrado a unos 280 kilómetros por los sismógrafos de Cartuja (Granada). (Com. por el Prof. D. José Andreu Pbro. del Sem. de Orihuela y pub. en el *Bol. Cart.* y en el de la *R. Sociedad esp. de H.ª nat., Julio 1910* «*Enumeracion de los terr. sentidos en España durante el año de 1909*»).
33	1909	Abril	6	El Pasteral (Gerona)			Epicentro a lo largo de una línea de 15 kilómetros cuyo centro se halla en el Pasteral, cerca de Amer, entre Gerona y Olot. En estas poblaciones II y III y en la línea epicentral mas cerca del VI que del VII. Area de sacudimiento muy reducida. Poco ruido. «Sr. Comas Solá. *Nota sobre el terremoto olotino.. Mem. R. A. C. Barc. VII*».
34	1909	Mayo	24	Badalona (Barcelona)			Algunas campanas de Iglesia repicaron solas. Movimiento muy sensible de los muebles y objetos suspendidos. Pánico considerable Ruido sísmico muy intenso. III en Barcelona y Mataró; VI o algo menos en Tiana. «*Enumeracion*».
35	1909	Junio	12	Badalona			Algunos daños en los edificios (VI-VII). Muchos obreros huyeron de las fábricas, lo mismo que en Vilasar, Tiana y otros pueblos comarcanos. Acompañóle un gran ruido, semejante al de nn cañonazo. IV en el Observatorio Fabra. «*Enumeracion...*
36	1909	Junio Sepbre.	30 9	Torrevieja (Alicante)			Durante los 70 dias que duró este período sísmico hubo 43 temblores identificados, de los cuales 1 del VII, 1 del VI-VII, 3 del VI, 4 del V, 6 del IV y 28 del III. El más fuerte fué el del 1.º de Julio a las 14, el que derribó un tejado y uno de los muros de una casa bastante buena, y causó bastantes averías en otras, con intenso pánico. El temblor del día siguiente, casi a las 12, lanzó al suelo buen número de botes de los escaparates de una farmacia, al tiempo que caían algunos cuadros. El espanto que causó fué tal que muchos apenas se atrevían a entrar en sus casas por los alimentos necesarios (Dr. Escribano, de Torrevieja). Los dos se registraron en Cartuja y se sintieron como VII y casi VII en Torrevieja, Torre de la Mata y Guardamar; VI en Rojales, Benijófar y Pilar de la Horadada... y hasta en la misma Murcia (a unos 40 kms.) «*Enumeracion...* y mas particularmente, Prof. Andreu, *Sobre los macrosismos de 1909... Bol de la Sociedad Arag. de C. Nat. Feb. 1910.*
37	1909	Sepbre.	30	Crevillente (Alicante)			Sacudida de corta duración, pero muy violenta, y con rotura de muchos cristales (VI). «*Enumeracion...*
38	1909	Abril	12	Torrevieja			Violento temblor acompañado de ruído y que produjo algún pánico (VI). En los días 12 al 15 de Abril y 8 y 28 de Agosto otros temblores (1 del V, 6 del III y 1 del II) «*Enumeracion...* 1910».
39	1910	Junio	24	Oliva (Valencia)			Algunas averías en los edificios. Hundimiento de una bodega y de las tapias de un corral. Pánico tan intenso, que las gentes se huyeron a los campos (VII) «*Id-*
40	1911	Julio	7	Torrevieja			Violenta, algunas grietas en los edificios (VI), notable ruído. Dos débiles réplicas por la noche. *Id..*

N.º de orden	FECHA			Localidad, etc.	Intensidad	Autoridad	NOTAS
	Año	Mes	Día				
41	1911	Julio	24 (2 h)	Valle de Ossau (Sentido en el N. de España)			VIII en el epicentro. En España no pasó del VI. Violento en Panticosa, con fuerte ruido y notable pánico, siguiéndole minutos después una débil réplica (H.º E. Tortosa S. J.). Débil en San Sebastián y Zaragoza, regular en Huesca, fuerte en Oña (Burgos) y en Jaca y en su partido. Registrados los dos en Cartuja, distante unos 740 km... *Id*...
42	1911	Octubre	9 (1 ½)	Tibi (Alicante)			Fuerte temblor VI F. M. acompañado de ruido. Los vecinos despertaron y hubo pánico, lo mismo que en las Ventas del Maigmó, distantes unos 5 kms. al W. (Profesor Sr. Jiménez de Cisneros). *Id*...
43	1912	Abril	15	Cimbales (Zaragoza)			Muchos cristales se hicieron añicos, cayendo al suelo numerosos objetos y sufriendo desperfectos buen número de edificios, sobre todo con el 2.º temblor, algo mas fuerte que el 1.º, también VII F. M. Un ruido violento los acompañó y hubo gran pánico. Algo mas débiles en Campillo de Aragón. Los dos se registraron en Cartuja (390 kms.) *Id*...
44	1912	Julio	14 (12'47)	Olot (Gerona)			Pánico en la región epicentral, con derrumbamiento de algunas paredes viejas o de mala construcción en Montagut. Acompañáronle ruidos subterráneos muy intensos (VI, según el Sr. Comas Solá). *Id*...
45	1913	Enero	31 (1'23)	Torrevieja			Muy violento, notable pánico, refugiándose muchos en calles y plazas, a pesar de lo intempestivo de la hora (VI). En Orihuela (25 kms.) hubo un tabique caído y muchos platos rotos (Prof. Andreu, quien la asigna el grado V). En Murcia lo sintieron pocos (P. R. Aranzubía S. J.), Reg. en Cartuja.—*Id*.
46	1914	Febrero	2	Villanueva de Castellón			Según *Las Noticias* de Barcelona, se sintió en dicha población, y en otras de la Ribera Alta, un intenso terremoto que produjo gran pánico (VI).
47	1914	Agosto	7	Alto Éssera (P.ª de Huesca, antiguo Condado de Ribagorza)			Derrumbamiento de chimeneas y grietas de consideración en Benasque, VII, probablemente del VI en Castanesa y del V en Eriste y Cerler. Reg. en Fabra y el Ebro (Tortosa). Prof. Dr. Fontseré. «*Sobre un centro de actividad sísmica en el Alto Esserá, Mem. R. Ac. de C. de Barcelona*».
	»	»	11	»			Igual epicentro, aunque ligeramente desviadas las isositas. VI-VII en Eriste y probablemente en Castanesa; V en Cerler, Anciles, Benasque y Sahún. Numerosas réplicas. En términos de Cerler se notaron considerables corrimientos de tierras. Casi todos los años se sienten allí temblores, si bien rara vez tan violentos. Reg. en Fabra y el Ebro.—*Id*.
48	1915	Marzo	28	»			Epicentro en la Sierra Negra, entre Cerler y Castanesa. En esta última derrumbó un edificio, causando víctimas. En Cerler alcanzó el grado VI, acompañándole ruido intenso. Área macrosísmica bastante restringida. Algunas réplicas. Reg. en Fabra y el Ebro.—*Id*.

RESUMEN

Los terremotos que tan brevemente acabamos de citar, aunque escasísimos en relación a los muchos que han debido sentirse en tan luenga serie de siglos, y aún de aquellos de los que se conserven datos en archivos y bibliotecas, permiten formarse una idea un tanto aproximada de la sismicidad de la región oriental de España y más en particular de la fosa tectónica del Ebro. Los sismos catalogados pudiéramos dividirlos en auctóctonos, esto es, originados en el subsuelo del mencionado territorio, y transmitidos, estos últimos procedentes de la porción francesa o vertiente N. de la cordillera Pirenaica y del macizo de la Provenza o del Valle del Segura, sólo por excepción de otras regiones.

Los sismos de los Pirineos franceses, y en particular los del Valle de Ossau, son entre éstos los más notables y aún frecuentes, siendo raro el año en que no se sienta alguno que alcance, en territorio español, hasta el grado V. F. M., rara vez más, como en los de 1911 y 1914, por no citar más que los recientes, y sólo por excepción destructores, como el del año 580 ó 585, y notables por sus áreas macrosísmicas estrechas y alargadas, y paralelas sus isosistas en su mayor extensión a la cordillera Pirenaica. Escasean bastante los temblores de Aix y de sus cercanías, y tan restringidas son sus áreas macrosísmicas, que de los mismos catastróficos o poco menos de 1224 y de 1909 (11 junio), sólo el primero debió ser fuerte, y el último no pasó del IV grado en Gerona, razón por la cual lo omitimos. Además del terremoto destructor ya citado y probablemente originado en territorio francés, los Pirineos Españoles presenciaron una catástrofe sísmica con dos terremotos de Ribagorza de 1374 y últimamente el semi destructor con algunas víctimas de 1915, del Alto Essera, también en territorio del mismo Condado y aún quizás por los mismos lugares.

Fuera de la región volcánica de Olot, donde por los años de 1427 y 1428 tan numerosos y aún destructores terremotos se hicieron sentir, y donde de vez en cuando reaparece algún temblor violento, como en 1909, además de los débiles y medianos, más bien infrecuentes, y del Vallés, donde se sintió uno ruinoso en 1448, los demás focos catalanes, incluyendo al de Badalona y Teyá, el que raro es el año que no dé alguna muestra de su actividad, sólo proporcionan sismos débiles o medianos, violentos excepcionalmente.

En Aragón son muy poco frecuentes los sismos, exceptuando los territorios limítrofes de los Pirineos, y sólo por excepción se citan los de Teruel de 1845, el Albarracín de 1848 y Cimbales 1912. Lo mismo parece ocurrir con Mallorca, donde se sintieron los *destructores* de 1721 y 1845 según el Catálogo Milne, el que, por cierto, como dejamos apuntado en su lugar, hace figurar entre los tales muchos simplemente violentos y aún medianos, y hasta tal cual vez apócrifo, por más que el probable origen de las Baleares, y su contemporaneidad con la aparición de la

Cordillera Costera Catalana más bien predispongan a concederles una sismicidad mediana.

Valencia y Alicante han sufrido muchos y muy notables sismos, más todavía que en sus capitales en otros sitios de sus respectivos territorios, sobre todo en los años 349, 1396, 1599, 1656, 1723, 1748, este último el más desastroso de todos los terremotos valencianos, y después los de 1872 y 1910, éste menos importante. En Alicante merece particular mención Torrevieja, asolada por la serie de 1829 y visitada con frecuencia por otras, afortunadamente poco numerosas y débiles, alguna vez algo más que molestas, como la de 1909.

Lástima que la información sísmica resulte aún deficiente, siendo así que unos pocos celosos investigadores de archivos y bibliotecas y muchos observadores, reclutados principalmente entre los beneméritos profesores nacionales, bastarían para colocar a la información sismológica de Cataluña, desde hace años la mejor de España, en el rango a que debe optar de ser una de las mejores del Mundo.

PRESENTED
17 JUL 1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 9

INDUMENTARIA TEATRAL

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. LUIS MASRIERA Y ROSÉS

Publicado en febrero de 1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 9

INDUMENTARIA TEATRAL

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. LUIS MASRIERA Y ROSÉS

Publicado en febrero de 1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

INDUMENTARIA TEATRAL

por el académico numerario

D. Luis Masriera y Rosés

Sesión del día 28 de diciembre de 1916

Los colosales adelantos de la arqueología, la vulgarización de los estilos y la afición cada día creciente a las antigüedades, parece que hubieran debido influir saludablemente en la indumentaria teatral sacándola de la rutina en que yace y empujándola hacia el camino de la verdad histórica, verdad a la que en el terreno del arte damos con frecuencia el nombre de *carácter* y que es precisamente una de las cualidades más apreciadas por los artistas de nuestros tiempos.

Nuestra indumentaria teatral está faltada precisamente de carácter; hasta en los casos, verdaderamente excepcionales, en que no se ha faltado quizás a la verdad histórica, le ha faltado este carácter, este sabor de autenticidad que nos transporta a épocas lejanas y que algunos escritores han logrado maravillosamente en la novela histórica.

Es corriente y popular la frase de que en el teatro "tuto e convencionale", pero nos parece que el convencionalismo tiene su límite y aunque comprendemos que al encerrar la naturaleza en el marco estrecho de una boca de escenario no podemos aspirar más que a una verdad artística tal como se exije a la literatura, no creemos que este "tuto e convencionale" autorice este sin fin de *Africanas* con camiseta, *Aidas* con plumas de indio americano, *Otelos* vestidos a la francesa, egipcias con faldas del siglo XVI y tantos anacronismos por el estilo como se ven diariamente en nuestros teatros, sin contar con la infinidad de trajes que no son nada, de ninguna época ni de ningún estilo y que, debidos sólo al capricho del modisto que los compuso, sirven indistintamente para todas las obras de carácter antiguo. Quizás la belleza artística de *Hamlet*, la gran obra de Shakespeare, no pierde nada por aquellos cañonazos que tanto le reprocha *Moratín* y quizás las falsedades históricas del famoso "Cid" no empañan tampoco la gran obra de Corneille; pero convengamos que si de concesión en concesión llegara un autor a presentarnos en serio un Faraón disparando un Mausser o una Semíramis hablando por teléfono, provocaría la hilaridad de los espectadores. Y, sin embargo, vemos cada día en nuestros teatros falsedades tan ridículas como éstas y dejamos pasarlas sin protesta y la crítica no las menciona porque la costumbre de verlas nos ha hecho indulgentes.

Yo he visto en el teatro oficial de la Opera, de una ciudad tan culta como Ginebra, una representación de la ópera "Carmen" presentada con gran lujo. La protagonista vestía este traje convencional de andaluza que, para vergüenza nuestra, ha sido admitido hasta en los teatros españoles. El "torero" con grandes bigotes postizos vestía sombrero de charro y capa bordada de anticuelas en el traje de calle y en el acto de los toros salían un soberbio coro de picadores con bigote y perilla y medias rayadas de azul y empuñando el tridente de Neptuno.

Podría citar infinidad de anacronismos por el estilo, pero creo que este sólo basta, pues si de una nación casi vecina con la nuestra y en una acción que pasa en nuestros días, se cometen tantos disparates, ¿qué no se ha de decir de las épocas lejanas y de aquellas en que la investigación de los historiadores no ha podido levantar todavía el velo que las encubre?

Y es así: Las mayores falsedades históricas se ven cada día en la indumentaria de las obras clásicas y muy pocas veces la mano experta de un artista les da a nuestros ojos el color o un barniz de autenticidad. Está todavía lejano el día que un arqueólogo eminente o un artista de fama nos lleve al teatro la reproducción plástica de los textos de Herodoto o de Petronio; hoy esta importante rama del arte teatral que es el complemento de la obra dramática, como lo es para los novelistas la descripción física de sus personajes, está en manos de estos famosos y destartalados guardarropías dirigidos los más, por gente inexperta incapaz de distinguir el más pequeño anacronismo.

De uno de estos establecimientos tengo una tarjeta que, después del anuncio vulgar del comercio a que se dedica, dice textualmente: "Trajes de todas clases, especialidad en Tenorios, Pastorcillos y demás épocas". De modo que para esta gente toda la indumentaria teatral se clasifica en dos épocas principales, la de los Tenorios y la de los Pastorcillos y esta es la muestra gráfica de lo que piensan todos los establecimientos similares donde todas las dueñas, desde la edad media a nuestro días, son Brígidas, todos los criados, Ciuttis y los galanes, Tenorios, y no vayamos a pedirles otras épocas, que para ellos es hablarles en griego. ¡Cuán lejos están de conocer que su pequeña industria es una de las más importantes ramas del arte suntuario!

He procurado a grandes rasgos dar una idea del estado en que actualmente se halla la indumentaria teatral, pero no pretendo con esto censurar las plausibles, aunque escasas, iniciativas y los esfuerzos enormes que algunos artistas han realizado, pues precisamente estos casos aislados confirman el atraso enorme en que se encuentra un arte tan necesario al cojunto escénico, como la escenografía.

Cuando un autor nos transporta a épocas lejanas, por mucha fuerza y realismo que tenga la parte literaria de su obra, por mucha sugestión que ejerza el actor al decirla, no podemos menos de fijarnos en el ambiente que le rodea y si éste es falso, no lograremos jamás remontar nuestra imaginación y vivir en el ambiente que el autor se propone. Si, por el contrario, el carácter de autenticidad del aparato

escénico con sus últimos pormenores y la indumentaria justa nos trasladan al medio ambiente que quiere el poeta, con menos esfuerzo viviremos los versos y la obra teatral en la que necesariamente deben colaborar varias artes, resultará armónica. Representémonos por un momento, una representación plástica de algunas de las escenas tan magistralmente descritas por Ebers o por Flaubert, en que las telas, las joyas y toda la indumentaria, nos trasladaran ya al viejo Egipto, o a lá antigua Cartago. ¿No resultaría de por sí solo un espectáculo tan interesante como la ópera o la tragedia a que sirviera de marco?

En las obras cuya acción pasa en tiempos antiguos o prehistóricos, es realmente muy difícil ajustar la indumentaria a la verdad y así vemos como Bulwer Litton, Ebers Flaubert, Sienkewiez y otros ilustres escritores aún después de grandes estudios y de inspirarse en los textos de Herodoto, Plinio, Theofrasto, Petronio, en las obras de Lepsius y Roselio y en infinidad de documentos, papiros, frescos, mosaicos y esculturas, han tenido que dejar correr su imaginación para describirnos con sus pormenores los trajes de los héroes de sus novelas. Pero se encuentra en estas descripciones tanta verdad artística que nos trasladan tanto a aquellos remotos tiempos, que no desearíamos otra cosa para el teatro. La descripción de las joyas, los tejidos y, sobre todo, del velo de Tanit, en Salambo de Flaubert, puede servir de pauta para escoger las telas conque debiéramos vestir los personajes de las épocas púnicas y apreciar lo ridículo que son las sedas modernas para remedar las púrpuras y tejidos antiguos. Las joyas descritas por Ebers y que se conservan por docenas en muchos museos de Europa, nos demuestran lo lejos que están de la realidad estas creaciones de latón recortado y piedras descomunales (aunque falsas) con que se adornan nuestros actores. El banquete de Nerón y aquellos romanos vestidos con túnicas de pliegos estatuarios, que nos transportan a la gran metrópoli del mundo antiguo en la obra de Sienkewiez, nos enseñan como debiéramos presentar las obras clásicas en escena. Y no se crea en la imposibilidad de llevar al teatro tales lecciones, ni en la dificultad material que la parte económica impone al que quiere salirse de la rutina, pues precisamente cuanto más se gasta en poner una obra en escena, más se prodigan las sedas relucientes, las anticuelas de plateados reflejos y las joyas con piedras descomunales. Y no son precisamente las telas costosas las que más idea dan de los tejidos antiguos, sino muy al contrario, pues las joyas y adornos que se llevan ahora cuestan mucho más de lo que costarían hechas al estilo de los árabes, que conservan todavía las tradiciones primitivas. Además, cuando la acción pasa en las épocas media y moderna, es facilísimo copiar de los museos e inspirarse en la descripción de los autores cuyas obras están al alcance de todos. Pues es necesario ante todo para vestir con propiedad los personajes de una obra y presentarlos en el medio ambiente a que aspira el autor que la ha concebido, inspirarse en los pormenores, comodidades y costumbres que refleja la indumentaria; pues no basta copiar un figurín de la gran obra de Racine, por ejemplo, que aún estando admirablemente, no nos da más que la forma escueta del traje; para dar una idea de un personaje

que ha vivido en otros tiempos, es necesario hacer un estudio detenido, si se quiere imprimir al traje el carácter y el sabor de época que debe cautivarnos.

No es la finalidad de este trabajo el describir qué clase de telas, adornos, joyas y muebles debieran emplearse para cada época; ya que esto resultaría un verdadero tratado que alguien podría escribir con más autoridad que yo; pero sólo apuntaré que las joyas y adornos de plancha recortada que se emplean generalmente en el teatro, no coinciden con la industria de ninguna época ni de ninguna civilización. Precisamente la joya conserva en muchas regiones formas y estilos completamente primitivos. La filigrana, por ejemplo, que se encuentra ya en algunas joyas anteriores a los griegos, es industria que se conserva todavía en Andalucía y en Holanda. Las materias vitriosas o esmaltes se remontan a la más lejana antigüedad y las cadenas y esculturas de fundición han sido patrimonio de todas las civilizaciones, de modo que, con joyas relativamente modernas, se daría más idea de las que llevaban nuestros antepasados que con las que construyen expresamente para teatro y que representan una industria aparte.

En fin, yo creo que a la indumentaria teatral hay que concederle la importancia que tiene, que los autores y, sobre todo, los críticos, no deben dejar de censurar los anacronismos que se cometan, así como deben alentar los esfuerzos que se hagan para salir de la rutina y que el público que nunca deja pasar sin protesta la nota falsa que un cantante lanza al aire, muy a pesar suyo, debe protestar con más razón de lo que con solo buena voluntad puede corregirse.

PRESENTED
1 E JUL 1918
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 10

SESIÓN PÚBLICA EXTRAORDINARIA

del día 16 de diciembre de 1916

EN HONOR DEL ACADÉMICO DIFUNTO

EXCMO. SR. D. SILVINO THOS Y CODINA

MEMORIA NECROLÓGICA

POR EL ACADÉMICO

DR. D. EUGENIO MASCAREÑAS Y HERNÁNDEZ

DISCURSO DEL SR. PRESIDENTE

Publicado en febrero de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 10

SESIÓN PÚBLICA EXTRAORDINARIA

del día 16 de diciembre de 1916

EN HONOR DEL ACADÉMICO DIFUNTO

EXCMO. SR. D. SILVINO THOS Y CODINA

MEMORIA NECROLÓGICA

POR EL ACADÉMICO

DR. D. EUGENIO MASCAREÑAS Y HERNÁNDEZ

DISCURSO DEL SR. PRESIDENTE

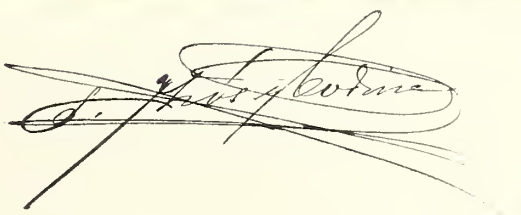
Publicado en febrero de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY



BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

SESIÓN PÚBLICA EXTRAORDINARIA

del día 16 de diciembre de 1916

en honor del Académico difunto

EXCMO. SR. D. SILVINO THÓS Y CODINA

Bajo la presidencia del Dr. D. Eduardo Alcobé y Arenas, Presidente de la Corporación, y con asistencia: por el Excmo. Sr. Rector de la Universidad, el Dr. D. Maximiano San Miguel de la Cámara; por el Ilmo. Sr. Obispo, el Dean Dr. D. Jaime Almera; por el Excelentísimo Sr. Alcalde, el concejal Dr. Mesa; por el Instituto general y técnico, su director, Sr. Escriche; por el Seminario Conciliar, el Rdo. Dr. D. Pedro Marcer; por la Real Academia de Medicina y Cirugía, el Dr. Coll y Bofill; por la Sociedad Económica Barcelonesa de Amigos del País, D. Jaime Guerra; por el Consejo provincial de Fomento, D. Augusto de Rull; por el Ateneo Barcelonés, D. José María Roca; por la Escuela de Comercio, el Dr. D. Claro Allué; por el Centro Excursionista de Cataluña, el Rdo. Dr. D. Mariano Faura; por la Junta municipal de Ciencias Naturales y la "Institució Catalana de Historia Natural", el Rdo. P. Barnola; por la Asociación de Amigos de la Fiesta del Arbol, el Sr. Llopis; el ingeniero-jefe de minas, Sr. Samsó; la familia del Sr. Thós y Codina, y de varios señores académicos y selecto público.

NECROLOGÍA

DEL

EXCMO. SR. D. SILVINO THOS Y CODINA

por el académico numerario

Dr. D. Eugenio Mascareñas y Hernández

leída en sesión pública extraordinaria celebrada el día 16 de diciembre de 1916

Señores:

Al cumplir hoy el encargo con que me honró, ha tiempo, la Comisión general directiva de esta Academia, no me propongo satisfacer tan sólo el deber que impone el artículo 65 de nuestro Reglamento, de honrar a los socios difuntos, sino que también es mi ánimo rendir al buen amigo, al excelente compañero, al ilustre y celosísimo consocio, el pleito homenaje de cariño, de afecto y reconocimiento a que en vida se ha hecho acreedor con justicia, para todos y cada uno de los individuos que con él compartimos la acción corporativa, en los largos años de su labor académica, y muy particularmente en aquellos en que, con aplauso general, tuvo a su cargo, como presidente, la gestión administrativa y social de nuestra casa.

Honrar a los muertos, a la vez que un deber cristiano lo es también corporativo, y va en entrambos casos acompañado de provechosas y fecundas enseñanzas. A semejanza del organismo individual humano, la Academia, que lo es colectivo, no ha de moverse exclusivamente a impulsos de su inteligencia, que la impele hacia el conocimiento de la verdad, en aquel aspecto que corresponde al objeto especial de sus especulaciones; es necesario también que a esa fuerza sabiamente dirigida, acompañe el calor que presta el sentimiento, que arranca del corazón, que anuda con fuertes lazos a todos los individuos de la gran familia académica, así a los presentes como a los pasados. A los primeros, con quienes convivimos, para que el esfuerzo de cada uno aumente y se haga más fecundo con el estímulo que le presta el cariño y la consideración de los demás; y a los segundos, desaparecidos ya desgraciadamente de nuestro lado, para que los rasgos de su vida, el estudio de su carácter, el análisis de sus obras y los ejemplos que nos hayan legado, sean a manera de monumentos que perpetuen su memoria, a fin de mantener siempre vivo en la nuestra el recuerdo de lo que fueron, de lo que trabajaron, y del celo y entusiasmo que manifestado hayan, por cuanto supone aumento en el prestigio y la cosideración social de nuestro instituto. Así, conviviendo con el trato de los unos y la memoria de los otros, nuestra labor presente

será más fructífera, y tampoco podrá calificarse de temeraria la esperanza que de tales premisas ha de brotar en nuestro espíritu, respecto a la obra de los que sean llamados a sucedernos, quienes fieles, sin duda, a los antecedentes recibidos y a la ley del progreso, levantarán más y más el crédito de nuestra casa, para honra y loor de sus fundadores y en beneficio de nuestra querida y culta ciudad de Barcelona.

Fué el Excmo. e Ilmo. Sr. D. Silvino Thós y Codina, cuya es la sesión necrológica que hoy celebramos, modelo perfecto de caballeros, fervoroso cumplidor de sus deberes, y apasionado entusiasta de todo progreso. Estas dotes que hubieron de formar al hombre, granjeándole carísimas afecciones en el dilatado círculo de sus amistades, comenzaron a vislumbrarse en el niño y más aun en el joven, como lo prueba el éxito con que desde los comienzos de su carrera científica, supo abrirse paso en ella con las primeras y más honrosas calificaciones, continuando hasta el fin por la misma senda empezada, alentado siempre su espíritu por el amor a los grandes y nobles ideales, norte exclusivo de todos sus deseos. ¡Ojalá me hubiera sido posible conocerle desde entonces, para trasladar a estas cuartillas, que me cabe la honra de leeros, el calor y la vida de mis propias observaciones al seguir al joven Thós paso a paso en la senda de sus estudios, en el desenvolvimiento de su carácter y en aquellos fervorosos anhelos de su edad juvenil en que, sin duda, hubo de marcarse ya con señales indelebles la característica personal de su existencia!

Pero de los datos recogidos para la modesta labor que hoy os ofrezco, que bien quisiera se hallara a la altura de los merecimientos de mi biografiado, y de las observaciones personales que me han sugerido su amistoso trato y su fecunda e infatigable labor dentro de esta casa, pueden deducirse sólidas conclusiones, que bastarán, sin duda, para formar idea de quién fué el hombre, el amigo, y, sobre todo, el académico. Claro es que estos tres conceptos hallábanse fundidos en su personalidad muy armoniosamente, circunstancia que me exime de la quimérica pretensión de separarlos, y que facilita a la vez la realización de mis propósitos y deseos, que no son otros, que los de reflejar en estas cuartillas, lo más fielmente que me sea posible, la imagen moral e intelectual de nuestro antiguo presidente.

La literatura y dentro de ella una de sus más bellas formas, cual es la poética, hubo de solicitar al joven Thós, allá por los años de 1860 a 1870, en que hizo sus primeros y felices ensayos, mereciendo la flor natural en los juegos florales de 1860, cuando sólo contaba 16 años de edad, y otros premios en los de 1865, 67 y 70. Pero luego, al comenzar el ejercicio de la carrera de Ingeniero de Minas, que siguió con particular aprovechamiento, hubo de abandonar la senda de la literatura para consagrarse en el resto de su vida al cultivo de la ciencia aplicada; y en prueba de esto, sin que yo pretenda hacer una enumeración prolija de todos sus trabajos, he de manifestaros que como ingeniero jefe del cuerpo nacional de ingenieros de minas tuvo a su cargo la provincia de Barcelona durante largos años,

y unas veces solo, otras en unión de su compañero y amigo, nuestro consocio el Ilmo. Sr. D. José Maureta, desempeñó distintas comisiones y llevó a cabo trabajos importantes en su carrera, entre los cuales pueden citarse: "La descripción física, geológica y minera de la provincia de Barcelona". "El reconocimiento físico y geológico de los valles de Andorra". "Las aguas subterráneas del campo de Tarragona". "Investigaciones sobre Alió y Puigpelat". "La exploración y explotación de los criaderos metalíferos del valle de Ribas". "Las aguas minerales de Tona". "Estudio de los movimientos ocurridos en 1894 en los terrenos de la montaña de Montjuich, anexos al cementerio del sudoeste y medios de evitar su reproducción". "Nota sobre la explotación de las sales de potasa en los criaderos de sal gema de Stassfurt, Alemania del Norte". "Nota sobre la conducción de aguas termales", y otros muchos que fuera ocioso enumerar.

Donde quiera que se ejercitaba su actividad, lo mismo en el círculo de su carrera, que en el seno de las numerosas sociedades que hubieron de honrarle con el título de su socio, manifestó siempre el señor Thós las relevantes cualidades de su espíritu, y un empeño decidido en colaborar con tesón y entusiasmo para el fin especial que les era propio. Labor que constituía para él un verdadero deber, al que sacrificó muchas horas de su descanso y reposo.

Este celo en el cumplimiento de sus deberes, este deseo de ser útil a las corporaciones de que formaba parte, este afán, pudiéramos decir de practicar el bien en las múltiples manifestaciones de su incansable actividad hallábanse avalorados en el señor Thós por el feliz consorcio de un trato finísimo y de una educación esmerada, prendas de alta estima, que por todas partes hubieron de granjearle el afecto y la consideración de cuantos le conocíamos y le tratábamos. Tal puede decirse que era el hombre y el amigo, ahora debo hablaros más especialmente del académico.

Apreciando con justicia sus merecimientos le honró nuestra Academia con su elección en 21 de junio de 1877, y antes de transcurrir un año, en 28 de abril de 1878, celebróse su toma de posesión, en la que leyó, como trabajo reglamentario de ingreso una interesantísima Memoria sobre "El agua en la tierra". Trabajo escogido, así por la solidez de su doctrina como por la forma castiza y elegante en que supo desarrollarla, que además de los muchos plácemes que mereció a su autor, fué objeto más tarde de laudatorios informes por la junta superior facultativa de minería y por la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales de Madrid, corporación que por la misma época hubo de nombrarle su socio correspondiente. Más tarde por suscripción abierta entre sus amigos y admiradores se publicó la Memoria de ingreso de nuestro ilustre consocio.

La labor académica activa del señor Thós comienza ya desde estos momentos, señalándose por la puntual asistencia a todos los actos corporativos, e incansable, fecunda y beneficiosa para la corporación se refleja siempre en cuantos cargos, informes y comisiones le fueron encomendados con uno u otro motivo. En todos ellos puso a contribución de la Academia con el mayor celo las

dotes escogidas de su voluntad y de su inteligencia, y de tal manera se ganó el afecto y la estimación de sus compañeros, que bien convencidos éstos de su valer, hubieron de elevarle algunos años después al cargo de mayor prestigio y responsabilidad de nuestra casa.

En la sesión reglamentaria de 12 de octubre de 1895 resultó elegido presidente y más tarde, como justo premio a su acertada y celosísima labor directiva, mereció la honra, poco frecuente, de ser reelegido en tres votaciones sucesivas, y de asumir, por lo tanto, la suprema gestión corporativa hasta el mes de octubre de 1904, es decir, durante nueve años consecutivos.

En este largo lapso de tiempo no le abandonaron un solo instante su interés, su constancia, su tenaz propósito en mejorar la suerte de la corporación y en promover el más expedito y fácil desempeño de todos sus servicios, para legar a sus sucesores una situación más desahogada y próspera, administrativa y científicamente hablando, que la alcanzada por él, sobre todo en los comienzos de su cargo presidencial; y no creáis señores, que es la pasión del amigo y del compañero, la que así os habla en estos momentos; es, por el contrario, el espíritu de justicia, el respeto que todos debemos a la verdad, el juicio independiente e imparcial que merece la labor de un hombre, que al desaparecer de nuestro lado, sin dejar lugar alguno al temor ni a la esperanza, hállase en condiciones de ser juzgado con la sinceridad y exactitud que a la verdad histórica corresponde. Hoy podemos aquilatar con mayor independencia que en vida el resultado de sus gestiones, y si es cierto que el árbol se conoce por su fruto, el estado actual de nuestra Academia, la publicación regular de su Boletín y de sus Memorias, la normalidad de todos sus servicios y hasta la modesta holgura con que hoy nos movemos, que tan fecunda y provechosa ha de ser para la realización de nuevos progresos en la misión cultural de nuestra casa, todo ello, señores, está pregonando con la sublime elocuencia de los hechos el éxito alcanzado por el señor Thós durante los nueve años en que ocupó el sitial elevado de presidente.

Al tomar posesión de él por primera vez en noviembre de 1895, encontróse con la difícil situación económica creada a consecuencia de las reformas de que fué objeto el edificio de esta Academia; reformas que si más tarde resultaron beneficiosas, constituyeron por aquel entonces motivo de profundo y doloroso pesar para cuantos se interesaban en el buen nombre y en la normalidad funcional de esta casa, y muy particularmente para sus presidentes. Yo no he de entrar en el pormenor de tan tristes recuerdos, que por fortuna pasaron ya a la historia, pero juzgo necesario evocarlos, para que pueda ser apreciada con la debida justicia, la improba y laudable tarea en que se ejercitó con feliz resultado la incansable actividad del que fué nuestro querido presidente. Y adviértase señores que a estas dificultades que dejo apuntadas, se añadió por aquella misma época un nuevo conflicto, de orden económico también, en el que el celo mal aconsejado de algunos funcionarios del ramo de Hacienda hubo de envolver a nuestra Academia, y para que juzguéis de la gravedad de aquella situación y de

los nobles alientos que impulsaron al señor Thós para afrontarla y vencerla, quiero que oigáis sus mismas palabras, pronunciadas con motivo de su primera reelección en 21 de noviembre de 1896. "Este puesto, decía, que lo es siempre de honor para quien lo ocupa, no está exento, bien lo sabéis, por efecto de circunstancias hasta cierto punto accidentales, pero que se imponen por su enorme pesadez, no está exento digo de preocupaciones y de sinsabores, que preocupación grande es la que a todos nosotros, y más principalmente a esta presidencia aqueja, de ver definitivamente liquidada y extinguida nuestra deuda, sacudiendo el férreo yugo, que por tanto tiempo tiene refrenadas nuestras fuerzas y cohibidas nuestras aspiraciones; y sinsabores no escasos nos han proporcionado hasta el día las agresiones repetidas de algunos mal aconsejados funcionarios del ramo de Hacienda, sujetándonos a una verdadera persecución por la justicia, y recompensando con coronas de espinas los afanes y desvelos tan desinteresadamente, aquí en todo tiempo desplegados, en pro de la cultura general. En tal concepto el año que acaba de pasar, siguió diciendo, como muy bien recordaréis, ha sido un verdadero año de prueba. Fresca estará aún en vuestra memoria la lucha penosísima que en él hemos debido sostener, para destruir las asechanzas que contra nosotros se habían armado, y lograr el triunfo de nuestros derechos y el respeto a nuestros intereses; y es bien seguro que sin la vigilancia incesante y las activas gestiones con que aquellas asechanzas fueron contrarrestadas, gracias al apoyo que esta presidencia felizmente logró de cuantas personas dentro y fuera de la corporación creyó deber poner en juego, a estas horas la Academia se encontraría con un problema económico gravísimo y casi insoluble, que pudiera haber puesto en peligro su misma existencia". Y más adelante añade, al terminar: "Tengamos, pues, señores, un poco de paciencia y esperemos con ilusión el día, ya no tan lejano en que libres de toda traba y dueños en absoluto de nuestros destinos podamos dedicar, sin angustias ni sobresaltos, todas nuestras iniciativas y toda nuestra actividad a los fines científicos que aquí nos tienen congregados, esforzando nuestro ánimo mientras dura el malestar presente, con la consideración de que no hay situación por sombría que sea que no se haga soportable, cuando se alcanza a ver el próximo término de la misma, y que nunca son tan densas las nubes del espíritu cuando las dora el sol de la esperanza".

Los felices augurios que expresaban estas elocuentes palabras de nuestro antiguo presidente, tuvieron cumplida realización, y en poder ya la Academia de superiores disposiciones, que salvando sus derechos e intereses la ponían a cubierto en lo porvenir de las asechanzas de que había sido objeto, pudo concentrar su atención en normalizar aquellos asuntos que constituyen su verdadero fin. Tal fué la tarea que se impuso el señor Thós desde aquellos momentos, y su labor diaria e infatigable en colaboración con nuestro secretario perpétuo, quien puede daros fe de cuanto voy diciendo, dió por resultado la reorganización de todas las publicaciones, memorias, boletín y nóminas del personal académico y con ella la de todos los demás servicios que hubieron de resentirse forzosamente

a causa de la anormalidad que reinó por aquella penosa época en la marcha y en el desenvolvimiento de esta Academia.

Una vez alcanzado tan importante triunfo pudo el señor Thós consagrarse a la realización de otras aspiraciones de largo tiempo acariciadas en esta casa, y fué una de ellas, quizá la de mayor empeño, la de la erección de un Observatorio astronómico y meteorológico en la cima del Tibidabo. Para llevar a buen término esta empresa puso nuestro antiguo presidente en juego, con el celo y actividad en él tan característicos, sus valiosas relaciones, y bien pronto halló en la buena amistad que le unía con el Excmo. señor don Camilo Fabra y Fontanils, primer marqués de Alella, la más cariñosa acogida, ya que tan distinguido prócer quiso ser el Mecenas de su idea y costear de su peculio particular las adquisiciones y construcciones que más necesarias fueran para realizarla. ¡Ejemplo digno de imitación, del cual pueden citarse casos numerosos en otros países, pero muy poco frecuente hasta ahora entre nosotros, por hallarse la fortuna privada muy remisa en manifestaciones de este género!

Grande fué por aquel entonces la satisfacción del señor Thós y también la de la Academia, y de ello son gallarda muestra las elocuentes palabras pronunciadas por nuestro muy querido amigo y presidente en la solemne apertura del curso académico de 1902 a 1903, no obstante hallarse entenebrecido su ánimo por la dolorosa pérdida que acababa de experimentar la Corporación en la persona de su socio protector, el primer marqués de Alella. Los hijos de éste, dignos sucesores de su padre, allegaron a la empresa en que por aquella época ocupaba a la Academia nuevos y valiosos recursos, indispensables para darle feliz término, y con ellos, y algunas sumas, para material científico, generosamente donadas por los Excmos. Ayuntamiento y Diputación provincial de Barcelona pudo en el curso académico siguiente, en 7 de abril de 1904 verificarse la inauguración del Observatorio con asistencia de S. M. el Rey don Alfonso XIII (q. D. g.), el presidente del Consejo de Ministros, el ministro de la Guerra general Linares, la marquesa viuda de Alella con sus dos hijos, nuestro digno presidente el señor Thós y numerosos académicos. Oportuno y elocuente, como todos los suyos, fué el discurso que leyó ante S. M. el Rey el señor Thós en aquella ocasión solemne, y a él contestó, con la venia del Monarca, el Presidente del Consejo de Ministros, señor Maura con expresivas frases de felicitación y de esperanza.

La Academia reconocida a esta nueva labor del señor Thós, en la que desplegó como siempre tan felices y fecundas iniciativas y tan incansable actividad, juzgó de justicia que su nombre quedara inscripto en la lápida conmemorativa que debía colocarse en el Observatorio del Tibidabo, y así se acordó en sesión de 27 de febrero de 1902, y más tarde decidióse también que su retrato figurara al lado del del señor marqués de Alella en el salón de actos de dicho Observatorio.

Cuantos hemos tenido ocasión de seguir de cerca la labor del señor Thós en el desarrollo de muchas de sus iniciativas y más particularmente en esta última, convencidos estamos de que sólo una voluntad como la suya pudo hacer frente a

las dificultades que a cada paso le asaltaban el camino, y de que los triunfos por él alcanzados en su gestión presidencial fueron el fruto de muchos sacrificios y no se hallaron exentos de sinsabores y pesares.

Al abandonar el señor Thós su cargo presidencial en octubre de 1904, y a pesar del estado de su salud, resentida por las primeras manifestaciones de la enfermedad que había más tarde de llevarle al sepulcro, no cejó por esto en la actividad a que tan acostumbrado tenía su espíritu, y que constituía para él una segunda naturaleza; y buena prueba de ello dió en el Instituto Agrícola Catalán de San Isidro con motivo de la organización de los concursos bienales de prácticas agrícolas. Así mismo hubo de ocuparse en los últimos meses de su vida en la dirección del "curso preparatorio para obreros pensionados en el extranjero", siendo de admirar, como dice muy acertadamente uno de los profesores propuesto por él para dicho curso "que dentro de su cuerpo minado por la enfermedad y por los años hubiera de agitarse aquel espíritu sereno, organizador, certero y minucioso, que más bien parecía patrimonio exclusivo de la juventud".

Fué el señor Thós y Codina, jefe superior de administración civil, caballero de la gran cruz de Isabel la Católica, condecorado con las de Mérito naval distintivo blanco y de Carlos III, Inspector general jubilado del cuerpo de Minas y Presidente de la sección del Consejo de Minería, Presidente de la Económica Barcelonesa de Amigos del País, del Instituto agrícola Catalán de San Isidro; Mantenedor de los juegos florales de 1886; Presidente de la sección de la comisión provincial para la Exposición nacional de minería celebrado en Madrid en 1883. En la Exposición Universal de Barcelona de 1888 desempeñó los cargos siguientes: Presidente de la Sección especial de Minería, Vocal de la comisión técnica; Delegado del Gobierno en el ramo de Minas, Jurado del Gobierno y presidente del grupo cuarto del jurado (Sericultura, Minería, Metalurgia). En el Congreso internacional de ingeniería, celebrado en esta ciudad en 1888, fué elegido Presidente. Formó parte de la Comisión organizadora y ejecutiva de la Exposición de carbones minerales españoles, celebrada en Barcelona en 1901 a 1902, siendo elegido Presidente del jurado general de la misma. Contribuyó también con numerosos donativos al engrandecimiento del Museo de nuestra Academia.

A todas las distinciones de que con justicia fué objeto correspondió con creces con su labor asidua e inteligente, con su celo infatigable, con las esclarecidas dotes de su voluntad y con las altas miras de su cultivado espíritu, tan amante de la verdad como del bien, a la vez que enamorado fervoroso de todo progreso.

Para cuantos le habéis conocido y tratado nada más tengo que añadir. El recuerdo que conservaréis, sin duda, en vuestra memoria ha de ser mucho más intenso, que el que en vosotros pueda despertar mi humilde palabra y desaliñado estilo. Todos haréis justicia a los merecimientos de mi biografiado, como modelo digno de perpetua admiración. Para aquellos que sólo podéis conocerle por sus obras cabe aconsejaros que estudiéis a fondo cuanto a vuela pluma dejo expuesto en esta breve reseña de su vida y labor académicas. Cuanto mejor le conozcáis

más le honraréis en vuestra memoria y con mayor empeño os esforzaréis en ser imitadores de su ejemplar conducta social y corporativa.

Deja el señor Thós en esta casa un gran recuerdo y un gran vacío. La posteridad, sin duda, le hará justicia. A los futuros historiadores de la Academia cabrá la gloria de enaltecer su figura libres de todo prejuicio y apasionamiento, y cuando la sometan al análisis frío y concienzudo de una crítica veraz, sabrán las generaciones que nos sucedan de cuanto es deudora nuestra Academia al socio insigne, que hoy honramos, noble por su ejemplar conducta y cuyos principales y más fervorosos anhelos se repartían, puede decirse, entre Dios, la familia, la patria y nuestro Instituto.

Dió fin al acto el Sr. Presidente pronunciando las siguientes frases:

Señores:

Como Presidente de esta docta y secular Corporación, me incumbe el grato deber de dar las gracias a las superiores autoridades y corporaciones que, ya por sí, ya por sus dignos representantes, con su presencia han contribuído a realzar la solemnidad de esta sesión necrológica, celebrada para honrar la memoria del que fué nusetro estimadísimo consocio, el Excmo. señor don Silvino Thós y Codina. Así mismo hago extensivo mi reconocimiento y el de esta Real Academia, a las distinguidas señoras y público en general aquí presentes; manifestando, muy en particular, el testimonio de la más alta consideración a los individuos de la familia Thós, que en este póstumo tributo, justamente rendido a la memoria de un sér por ellos tan querido, habrán hallado, sin duda, algún lenitivo a la acerba congoja que el verle desaparecer del mundo de los vivos les causara.

Nos hallamos hoy aquí reunidos, cumpliendo un oportunísimo precepto reglamentario; que honrar a los muertos, sobre todo cuando legaron a la humanidad el testimonio de una vida ejemplar "a la vez que un deber cristiano lo es también corporativo" como con tanto acierto ha preludiado su elocuente peroración necrológica, mi estimado maestro y Decano, el doctor don Eugenio Mascareñas y Hernández.

Oídos sus brillantes conceptos, sus oportunísimas remembranzas, los merecidos elogios tributados a la personalidad del que familiarmente llamábamos don Silvino, todo ello en correcta y vigorosa frase, desenvuelta en castizo y elegante estilo, ¿qué puedo añadir yo que no os parezca endeleble: desaliñado o, por lo menos supérfluo? Sólo molesto, pues, brevemente vuestra benévola atención, para insistir y glosar alguno de los sobresalientes conceptos emitidos por el doctor Mascareñas; ya que recalcar las excelsas cualidades de los que fueron, no es

tiempo perdido si ello contribuye a que luego amoldemos nuestros actos a los buenos ejemplos que aquéllos nos legaran.

A 33 años cumplidos, alcanza la vida académica de Thós y Codina; y en ellos, con ser tantos, no puede señalarse uno quizás, sin que nuestro biografiado haga patente su especial afecto a esta Casa, ya con algún acto de transcendencia para el esplendor de la misma, ya con algún importante donativo para su Biblioteca o para su Museo. Con más de cien ejemplares, algunos de positivo valor, se enriqueció el Museo, gracias a la munificencia del señor Thós. Pero cuando aparece su ímproba labor, y hasta en ocasiones el sacrificio personal en pro de nuestra querida Real Academia, es, como tan acertadamente ha reseñado el doctor Mascareñas, durante su larga gestión presidencial. Y a fe que no ha de serme difícil hallar prueba bien patente.

La opulenta Barcelona, capital de nuestra idolatrada Cataluña, emporio de la industria y comercio hispanos, contando ya con medio millón muy cumplido de habitantes, y disfrutando de esa límpida bóveda celeste que parece estar diciendo al hombre de ciencia "¡escudriñame!..." ¡no tenía Observatorio astronómico!

Hoy lo tiene. Modesto, pero lo tiene: astronómico, meteorológico y sísmico. Y es nuestro. Lo debemos, es verdad, a la hidalguía de un ilustre prócer, de feliz memoria en esta Casa; pero no es menos cierto que el Mecenas, mejor dicho quizás, el obrero laborioso que desbrozó el barbecho, sembró la mies, fomentó el cultivo con el sudor de su rostro, y en su día recogió ópimo fruto, fué Thós y Codina. Es, pues, de justicia que su efigie forme *pendan* con la del primer marqués de Alella, en el salón de actos del Observatorio Fabra. La trascendencia que este Centro debe tener en la cultura de la Ciudad de los Condes, quien en la actualidad ostenta el preclaro título de los Berenguers y de los Wifredos, supo apreciarlo en lo que vale. Todos lo recordamos. El Monarca español, S. M. el Rey don Alfonso XIII, descendiente por sangre y alcurnia de nuestro ilustre fundador, honró con su presencia el acto inaugural del Observatorio que gallardamente desde la cumbre de la vecina cordillera parece estar presidiendo nuestro desenvolvimiento científico; lo cual constituyó para Thós y Codina, según propia confesión, uno de los mayores halagos y satisfacciones de su ya larga vida. Puesto que ésta alcanzó su ineludible término, y según la hermosa frase final del discurso necrológico que acabamos de oir, los principales anhelos que la integraron "se repartieron entre Dios, la familia, la patria y nuestro Instituto", como cristianos elevemos preces al cielo; como académicos, rindamos homenaje al que fué nuestro ejemplar presidente, y como ciudadanos españoles, sigamos las huellas de tan esclarecido patricio.

He dicho

PRESENTED
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 11

NOTA SOBRE ALGUNAS ROCAS DE SAN ANDRÉS DE LLAVANERAS (BARCELONA)

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR D. MAXIMINO SAN MIGUEL DE LA CÁMARA

Catedrático de Geología en la Universidad

Publicado en febrero de 1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 11

NOTA SOBRE ALGUNAS ROCAS DE SAN ANDRÉS DE LLAVANERAS (BARCELONA)

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR D. MAXIMINO SAN MIGUEL DE LA CÁMARA

Catedrático de Geología en la Universidad

Publicado en febrero de 1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

NOTA SOBRE ALGUNAS ROCAS DE SAN ANDRÉS DE LLAVANERAS (BARCELONA)

por el académico numerario

Dr. D. Maximino San Miguel de la Cámara

Catedrático de Geología en la Universidad

Sesión del día 28 de diciembre de 1916

El presente trabajo es un avance a otro más detallado que sobre el mismo tema venimos preparando; comprende una serie de rocas eruptivas muy notables, de difícil especificación muchas veces, no sólo por su alteración, sino también por no corresponder a tipos claros, que más que en especies es preciso definirlas agrupadas en series, pues como se verá pasan unos a otros tipos de modo tan evidente, que las clasificaciones hechas con los ejemplares aislados, han de modificarse al extender juntas todas las muestras de la comarca y observar sus preparaciones microscópicas.

En la ejecución de más de 50 preparaciones que hemos necesitado para este estudio nos ha prestado valiosa ayuda nuestro discípulo don Jaime Marcet Riba, auxiliar interino de la Facultad de Ciencias de la Universidad, a quien debemos casi la mitad de las preparaciones.

GRANITO

Roca blanca con manchas negras muy brillantes y abundante en gabarros o enclaves negros por concentración de la biotita y disminución de los elementos blancos. A simple vista se reconoce feldespato blanco, cuarzo incoloro o ligeramente rosado, biotita negra muy brillante y bastante idiomorfa, y accidentalmente algún cristal de hornblenda. Con el microscopio se observan los mismos elementos asociados según la estructura hipidiomorfa típica, de grano grueso. Como elementos accesorios se encuentra apatito y magnetita.

SIENITA.—NÚMS. 350 Y 337. (*Col. San Miguel*)

Roca blanca con tinte rosado o rosa, con multitud de manchas negras y verdes, de grano grueso. A simple vista se ven placas de feldespato rosado o blanco

o ambos a la vez y de clorita verde de brillo craso, granos de calcita, laminillas blancas brillantes de moscovita (no en todos los ejemplares), pirita y galena; el cuarzo no es visible en muchos ejemplares, pero en otros aparece en granos aislados siendo siempre poco abundante. Se pueden recoger buenos ejemplares en el Turó de la Lorita.

Al microscopio se ofrece con estructura hipidiomorfa de grandes elementos de *oligoclasa* con abundantes bandas polisintéticas según las leyes de la albita y periclina; de *ortosa* en placas, con o sin la macla de Carlsbad, más turbia que la oligoclasa; de *microclina?* en placas que a pesar de su alteración dejan reconocer una finísima estriación, sencilla en unas secciones y doble en otras dibujando más o menos claramente el enrejado característico de la microclina; de *clorita* verde, pleocraica, casi isótropa o con color violeta oscuro entre N+, que se presenta como asociación de pequeños esferitas que suelen dar entre N. + cruz negra fija y con gran aumento se resuelven en esferulites fibroso-radiados. Como elementos accesorios entran: *calcita* en placas grandes y granillos; *cuarzo,* en granillos pequeños, reunidos en nódulos o aglomeraciones y sólo en una parte de la preparación, es francamente cataclástico y procede de granos mayores completamente triturados; *epidota* en granos amarillos muy refringentes; *magnetita, apatito* y *moscovita.*

PROTOGINA.—NÚMS. 335 Y 350. (*Col. San Miguel*)

Roca granuda, blanda, de color gris verdoso claro con manchas blancas y ocráceas, fuerte olor arcilloso; en muchos ejemplares, y más en grande y mejor en la cantera, se ven superficies planas continuas de color amarillento o plateado, como estriados en una sola dirección que representan planos de deslizamiento debidos a pequeñas fallas y según ellos se rompe muy fácilmente la roca. A simple vista se observan cristales blanco-sucios de feldespato; aglomeraciones escamosas de color verde claro con reflejos argenteos o blancos con el mismo brillo, que son de clorita y moscovita o de moscovita solo; algunos cristales exagonales de biotita transformados en clorita; nódulos de pirita, fresca en el centro y limonitizada en los bordes. En algunos ejemplares se distinguen granos de cuarzo, pero siempre en pequeña cantidad. Observada con el microscopio ofrece grandes cristales de *feldespato* y algunas placas, también grandes, de *cuarzo* destacando sobre un fondo de finas escamitas de *moscovita* con cristales rotos de feldespato y de cuarzo, éstos siempre en menor proporción; en algunas secciones de *oligoclasa* las bandas polisintéticas son sinuosas o dibujan fallas microscópicas, prueba de la influencia de presiones orogénicas en esta roca, pero esta acción no ha pasado del primer grado ya que no aparece en ninguna preparación la célebre estructura de mortero (Mörtelstruktur) de las verdaderas protoginas, ni la ordenación paralela de los elementos que se observa en las protoginas gneísicas del Montblanc. Se compone de

oligoclasa, ortosa, cuarzo, menos abundante, *moscovita, biotita verde, calcita, magnetita* y *apatito.*

La presencia de sulfuros demuestra que en la formación de esta especie, que no es más que un granito o sienita cuarcífera modificada, han intervenido, además de las acciones dinámicas, las fumarolianas y quizá estas de modo más eficaz y activo que aquéllas. Se encuentra en gran cantidad a la izquierda de la riera de can Catá, detrás del Cementerio y cerca de can Xifré. En la colección exterior del Museo Martorell, existe un gran bloque clasificado como Protogina.

APLITA GRANÍTICA.—NÚM. 339. (*Col. San Miguel*)

Roca de color rosa claro, dura y tenaz, con estructura sacaroidea de grano medio, que a simple vista se ve constituída por cristales cuadrangulares de feldespato y redondeados de cuarzo acompañados de escamitas de mica negra. Al microscopio presenta estructura panidiomorfa típica y se ve compuesta de *Oligoclasa* fresca, o poco alterada, con numerosas bandas polisintéticas según las leyes de la albita y periclina, aisladas o combinadas; de *Ortosa* con o sin la macla de Carlsbad y más turbia que la oligoclasa; de *microclina* con su característica estriación y de cuarzo hipidiomorfo muy rico en inclusiones; el *apatito* es relativamente abundante en inclusiones. Tan pobre es esta roca en elemento negro que en dos preparaciones grandes que hemos observado no se ven más que tres laminillas de biotita normal. Hay granos negros de magnetita, poco abundante, algunos de los cuales ofrecen bordes transparentes de color rojo que atribuimos a una alteración de la magnetita en oligisto.

Abunda mucho en venas y diques delgados atravesando el granito; la que nosotros describimos procede del Torrent de la Lorita a la izquierda del camino que sube al Coll de la Lorita.

PEGMATITA.—NÚM. 374. (*Col. San Miguel*)

Roca de grano grueso, ligera, dura y poco tenaz, de superficie rugosa, color blanco sucio con manchas rojizas, negras y verdosas. A simple vista se ve constituída por placas de feldespato sobre las cuales destacan numerosos granos de cuarzo, placas del mismo mineral e incrustaciones de cuarzo en la masa feldespática que tienden a la estructura gráfica: muy irregularmente distribuídas, se ven láminas de biotita y de clorita, que se cruzan en diversos sentidos como es frecuente en las pegmatitas de grano grueso. En preparación microscópica ofrece estructura pegmatítica y en algunos campos de la preparación de pegmatita gráfica. Se compone de *ortosa* bastante alterada; de *oligoclasa* en menor proporción; de *microclina* con finísima estriación sencilla o en enrejado; de *cuarzo* unas veces

granudo y pegmatítico las más, la *biotita* y la *clorita* no aparecen en nuestras preparaciones pero ya hemos visto existen en la roca. Procede de una cantera que hay en el camino que va de la Iglesia vella al Torrent de la Lorita, en una bifurcación del camino. En la colección de grandes bloques que hay frente a la fachada principal del Museo Martorell existe un ejemplar de esta especie y localidad.

PEGMATITA GRÁFICA.—NÚM. 377. (*Col San Miguel*)

Roca compacta, dura y tenaz, de color rosa claro, con superficies recientes muy brillantes y planas. A simple vista se ve formada por una masa de feldespato en la que aparece el cuarzo incrustado, dibujando cintas sinuosas, vermiforme o recordando los caracteres cuneiformes: a esta asociación acompañan pirita limonitizada y mica en escasa proporción.

Con el microscopio se reconoce la misma estructura; el feldespato es *ortosa* en grandes placas que se extinguen de una vez, y *microclina* también en grandes placas que se extinguen de una vez y con hermoso enrejado; el cuarzo se extingue simultáneamente pero no a la vez que el feldespato sino que aquel aparece iluminado cuando este obscuro y viceversa. Esta especie abunda en estrechas venas en la Riera de can Catá y en el Torrent de la Lorita.

APLITA DIORÍTICA—NÚM. 224. (*Col. San Miguel*)

Roca compacta, bastante tenaz y dura, de grano fino, estructura sacaroidea y color gris verdoso. A simple vista aparece formada de una mezcla micro granuda de feldespato blanco sucio, cuarzo incoloro y multitud de puntos negros y verdosos que podemos atribuir a la hornblenda y la clorita.

Al microscopio muestra estructura panidiomorfa, particularmente para el elemento blanco. Se compone de cristales bastante idiomorfos de *oligoclasa;* de ortosa menos abundante; de *cuarzo* unas veces idiomorfo y otras rellenando los espacios irregulares que dejan entre sí los feldespatos; de *clorita* verde y biotita también verde, con extinción recta y vivos colores de polarización; de *moscovita* en escamas muy birefringentes; de calcita y de magnetita. En nuestras preparaciones no se ven los cristales de hornblenda que aparecen a simple vista.

Esta roca ha sido explotada en canteras y de ella hay un gran bloque en la colección del Museo Martorell clasificada como diorita.

LAMPROFIDO DEL GRUPO DE LA ESPARTITA.—NÚM. 330. (*Col. San Miguel*)

Roca compacta, de grano muy fino, francamente porfídica, pero con pocos

fenocristales, de color gris muy obscuro, bastante densa y muy tenaz. A simple vista se reconocen cristales negros y multitud de granos más pequeños de hornblenda, escasísimos de feldespato y de cuarzo, armando sobre una pasta muy abundante, finamente granuda.

Al microscopio se ve formada por fenocristales de *hornblenda* y una pasta compuesta de *feldespato*, agujas y granos de *hornblenda* y granos de *magnetita;* el feldespato es muy idiomorfo, casi siempre zonar, tabular o microlítico y en este último caso con extinciones comprendidas entre 12 y 14° lo que nos permite clasificarles como de *Labrador;* la *hornblenda* es microlítica, de color verde claro, pleocroica y muy birrefringente: la *magnetita* se dispone en granos más o menos idiomorfos y generalmente de regular tamaño. Como elementos secundarios podemos citar, *clorita, epidota.*

Esta roca puede recogerse en el camino que sube a can Catá; abunda también en cantos, en las viñas, cerros y caminos.

LAMPRÓFIDO DEL GRUPO DE LA VOGESITA.—NÚM. 376. (*Col. San Miguel*)

Roca compacta, de color gris sucio o amarillento verdoso con algunas manchas negras, dura y tenaz, bastante alterada y con pronunciado olor arcilloso. A simple vista se distinguen algunos fenocristales negros y por excepción alguno blanco de feldespato; la pasta no deja distinguir más que multitud de granillos finísimos de color negro.

Al microscopio muestra estructura traquítica pero se diferencia de la traquítica típica por la falta o escasez de fenocristales feldespáticos y mayor abundancia de elemento negro. Los fenocristales primitivos de *hornblenda* aparecen transformados en *clorita* y *epidota;* los pseudo porfidícos de feldespato en epidota o en una substancia opaca (arcilla). La pasta es microlítica holocristalina y fluidal; los microlitos son de *feldespato* y *clorita,* a los que se asocian *epidota, calcita, magnetita, olígisto* y productos arcillosos; el feldespato muy alterado es de difícil determinación; muestra extinciones inferiores a 5° o recta, algunos son polisintéticos pero la mayor parte no, por lo que creemos que esta pasta es rica en microlitos de *ortosa,* a los que se unen algunos de *oligoclasa.*

Aparece esta roca en un dique entre can Catá y can Xifré.

Una roca análoga se explota frente a can Grau Pero; es más rica que ésta en oligoclasa y parece intermedia entre los dos tipos que acabamos de describir.

MICROAPLITA (APLITA PORFÍDICA).—NÚM. 250. (*Col. San Miguel*)

Roca compacta, dura y tenaz, de color blanco amarillento con manchitas alargadas negras y ocráceas. A simple vista o con la lente, y fijándose mucho, se dis-

tinguen algunos cristales de feldespato del mismo color que la pasta pero con superficie brillante; mas contribuyen a dar aspecto porfídico a esta roca, unas agujas y escamas relativamente abundantes, que se distribuyen muy uniformemente y que son de mica, clorita y hornblenda.

Al microscopio muestra estructura aplítica con algunos fenocristales de feldespato, *ortosa* y *oligoclasa,* unas veces fresco y otras veces completamente transformados en una masa de caolín y sericita o de arcilla ferruginosa opaca sobre la cual destacan granos incoloros o amarillos de *epidota;* de *biotita* verde y *clorita* con *moscovita* que proceden de aquella y a la que pasan por tránsitos insensibles. La pasta es pannidioforma de grano fino y se compone de feldespato, *ortosa* y *oligoclasa,* de *cuarzo* en análoga proporción, de multitud de escamitas de *moscovita* y *de biotita verde* y granos de titanita y magnetita. Abunda esta roca en la riera de Llavaneras.

PÓRFIDO GRANÍTICO.—NÚM. 341. (*Col. San Miguel*)

Roca porfídica, ligera, dura, de color blanco sucio con manchas verdes. A simple vista se reconocen fenocristales blancos de feldespato, incoloros de cuarzo, escamas exagonales y alargadas de clorita.

Al microscopio presenta estructura pórfido-holocristalina con gruesos fenocristales alterados de *ortosa* y *oligoclasa,* ésta a veces con estructura zonar; cristales exagonales, redondeados, corroídos y rotos de *cuarzo* y láminas exagonales y alargadas de *clorita,* con granos amarillos de *epidota,* laminillas de *moscovita* y granos negros de magnetita, que proceden de la alteración de la *biotita.* La pasta es granudo-hipidiomorfa o pegmatítica y se compone de los mismos elementos que aparecen como fenocristales.

Es abundante en el Torrent de la Lorita.

PÓRFIDO CUARCÍFERO.—NÚMS. 340, 372 Y 373. (*Col. San Miguel*)

Roca porfídica, ligera, blanda y fácilmente disgregable, muy alterada, de color gris ceniza con manchas de ocre. A simple vista se distinguen fenocristales de cuarzo y feldespato en proporción casi igual, de clorita en menor cantidad y productos ferruginosos sobre una pasta que no deja definir elemento alguno.

Al microscopio se ve compuesta de fenocristales muy alterados de *ortosa* y de oligoclasa; de cuarzo corroído o exagonal; de *moscovita* con escamas de *clorita* ambas resultado de la alteración de la biotita; la moscovita forma a veces hermosas asociaciones esferulítico-radiales. La pasta holocristalina granudo hipidiomorfa se compone de *cuarzo, ortosa, oligoclasa, moscovita, clorita* y *magnetita.*

Se encuentra en el Torrent de la Lorita.

PORFÍRITA DIORÍTICA (MICRODIORITA).—NÚMS. 248, 336 Y 342. (*Col. San Miguel*)

Roca francamente porfídica, muy dura y tenaz, de color gris muy obscuro, casi negro, con grandes manchas blancas y escamas negras muy brillantes. A simple vista se distinguen numerosos cristales blancos de feldespato, algunos de gran tamaño; muchas escamitas exagonales de biotita, siempre de tamaño mucho menor que el feldespato y algún cristal (muy pocos) de cuarzo idiomorfo. Estos elementos aparecen envueltos por una pasta completamente afanítica, muy obscura.

Al microscopio ofrece estructura pórfido-holocristalina con fenocristales de *plagioclasa* zonar, *de biotita* y *clorita* y accidentalmente de *cuarzo;* el feldespato es *oligoclasa* con núcleo próximo al *labrador;* ciertos cristales de contornos más redondeados a veces también zonares, sin estriación polisintética y con la macla de Carlsbad, creemos son de *sanidina*. La *biotita* pasa a clorita en algunas secciones, la *clorita* aparece cargada de *epidota*.

La pasta es microgranuda, se compone de una fina mezcla de granos de *feldespato* y *cuarzo* que aparece entre N+ como una masa gris obscura sembrada de puntitos blancos; en ella se distinguen claramente pequeños cristales de *Oligoclasa, biotita* y *clorita;* cristales pseudo porfídicos zonares de *oligoclasa-labrador* y granos negros más o menos idiomorfos de *magnetita*. Sobre los feldespatos se observan finas escamitas de *moscovita* y en la clorita o próximos a ella aglomeraciones de granos más refringentes y bastante birrefringentes de titanita o rutilo.

Es bastante frecuente esta roca en el campo de San Andrés de Llavaneras, el ejemplar que describimos procede de un dique próximo a la Iglesia Vella. En otros puntos la roca es más cuarcífera y más clara y en el Coll de la Lorita es parda muy alterada, con hornblenda y de pasta muy rica en mica negra.

PRESENTED
BRITISH MUSEUM

18JUL.1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 12

PODER ROTATORIO DE LAS SUBSTANCIAS ACTIVAS, EN SOLUCIÓN INFINITAMENTE DILUÍDA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. JESÚS GOIZUETA Y DÍAZ

Publicado en marzo de 1917

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 12

PODER ROTATORIO DE LAS SUBSTANCIAS ACTIVAS, EN SOLUCIÓN INFINITAMENTE DILUÍDA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. JESÚS GOIZUETA Y DÍAZ

Publicado en marzo de 1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

PODER ROTATORIO DE LAS SUBSTANCIAS ACTIVAS, EN SOLUCIÓN INFINITAMENTE DILUÍDA

por el académico numerario

DR. D. JESÚS GOIZUETA Y DÍAZ

Sesión del día 28 de diciembre de 1916

Definese comúnmente el *poder rotatorio* de una substancia diciendo que es la rotación que imprime al plano de polarización de la luz una capa de un decímetro de espesor, cuando cada centímetro cúbico de materia atravesada por la luz polarizada contiene un gramo de substancia activa, es decir, cuando la densidad de ésta es igual a la unidad.

Es, a juicio mío, un gran desacierto introducir el concepto de espesor en la definición del poder rotatorio, y mayor todavía tomar el decímetro como unidad para medirlo, estando expresadas las demás magnitudes en gramos y en centímetros cúbicos: por eso he de variar la mencionada definición, arrancándola de la misma naturaleza de las cosas, tomando los cuerpos tal y como son en sí, prescindiendo en absoluto de la densidad de la substancia, que, en general, ni es igual a la unidad, ni hay medio práctico de que la adquiera sin introducir otros cuerpos o agentes perturbadores; y no haciendo intervenir tampoco directamente en la definición el espesor de la materia activa atravesado por la luz. De esta manera, sin variar en lo más mínimo la magnitud de la constante, podré exponer con mayor claridad, y más desembarazadamente el concepto de poder rotatorio de las substancias activas en solución infinitamente diluída, concepto que de otro modo resultaría turbio y nebuloso, y que, para mí, corresponde a la verdadera y única constante física que debe adoptarse para expresar el valor numérico de la actividad óptica de las substancias en disolución.

Consideremos una placa de sección S que pese $10S$ gramos (lo que corresponde a 10 gramos por cada centímetro cuadrado de sección): la rotación que la tal placa imprima al plano vibratorio de la luz polarizada, es el poder rotatorio de la substancia que la constituye. Resulta, pues, que el poder rotatorio es la desviación que imprime al plano vibratorio de la luz polarizada una capa de caras paralelas, cuando un haz de un centímetro cuadrado de sección atraviesa diez gramos de materia (1) tenga el espesor que tuviere, y la densidad que poseyere.

(1). Mas racional sería admitir que atravesase *un gramo* en lugar de diez; pero entonces el poder rotatorio resultaría la décima parte del admitido por todos os autores, que se obstinan en tomar como unidad para medir los espesores el decímetro, y no el centímetro.

Si la materia atravesada por la luz es, toda ella, activa, el poder rotatorio es el de aquella substancia: si consta de parte activa e inactiva, el poder rotatorio así definido es el del conjunto total considerado como cuerpo homogéneo, no el de la parte activa que en él exista; de la misma manera que el peso específico de una disolución es el peso específico del líquido total, no el de la substancia disuelta.

Supongamos ahora que la placa de sección S, que contenga por centímetro cuadrado diez gramos de materia, la colocamos en un tubo cilíndrico de sección interior S, paralelamente a la base, y que llenamos el tubo con agua o con otro líquido inactivo. Es evidente a priori que el valor $[\alpha]$ no variará mientras la placa permanezca sin disolverse, pues una columna inactiva, colocada delante o detrás de ella, no puede alterar en nada la posición del plano vibratorio de la luz. También es evidente que si $[\alpha]$ solamente dependiese de la actividad molecular, sin que influyese en lo más mínimo la colocación de las moléculas, sus distancias mutuas, o la naturaleza del líquido inactivo, tampoco variaría $[\alpha]$ aunque la placa se disolviese en el líquido, pues el mismo número de moléculas atravesaría la luz en solución, que al estado primitivo. Pero la experiencia demuestra que, aun operando con la misma luz, a la misma temperatura, y a idéntica presión, el poder rotatorio varía con la concentración, y con la naturaleza del disolvente, por muy inactivo que sea: en los cuerpos cuya actividad óptica depende exclusivamente de la disposición de las moléculas, el mero hecho de la disolución anula por completo, como es natural que así suceda, el poder rotatorio.

Claro es que, considerando a éste como una constante física no más, las mencionadas variaciones importarían poco, pues siempre sería posible colocarse en condiciones fijas y determinadas de antemano para medir la constante, que la naturaleza se encargaría de conservar; pero como el poder rotatorio se emplea frecuentemente como dato, en el análisis cuantitativo, para calcular la cantidad de materia activa que existe disuelta en un cierto líquido, midiendo con el polarímetro la desviación que aquella imprime al plano vibratorio de la luz polarizada, es importantísimo estudiar y conocer la influencia que la concentración ejerce sobre el poder rotatorio.

Entiéndese por *concentración* la cantidad ponderal, en gramos, de substancia activa que existe en 100 c. c. de disolución.

Cuando en un tubo de sección S hay $10S$ gramos de substancia activa, y el resto es disolvente inactivo, la concentración de la disolución variará según sea el tubo más o menos largo; pero el número de moléculas atravesadas por la luz permanecerá constante, y, por lo tanto, la rotación que la substancia imprima al plano vibratorio de la luz, es decir, el poder rotatorio, no variaría si no dependiese más que de la actividad molecular. Pero no es así: el poder rotatorio, o sea la rotación mencionada, varía con la concentración, pues cambia a manera que el tubo se hace más largo, aun cuando sea la misma la cantidad de substancia activa en él contenida. El límite hacia el cual tiende la desviación, cuando la concentración tiende hacia cero, o sea, cuando la longitud del tubo crece indefinidamente,

conteniendo siempre 10*S* gramos de materia activa en su interior, es, en mi sentir, el *verdadero* poder rotatorio de dicha substancia activa, que, para un mismo disolvente, no puede depender más que de la actividad molecular de la substancia disuelta en aquellas condiciones de temperatura y de presión, ya que las moléculas se hallarán lo bastante separadas entre sí para que no se influyan mutuamente, puesto que su separación crece también indefinidamente.

Llamaré, pues, poder rotatorio de una substancia activa en solución infinitamente diluída, a la desviación angular que imprimirían 10 gramos de substancia, colocados en un tubo de 1 centímetro cuadrado de sección, de longitud infinita, disueltos en un líquido inactivo, y lleno el tubo de disolución: entonces, evidentemente, la concentración sería cero.

Si los 10 gramos de substancia activa no se hallan en disolución infinitamente diluída, o lo que es lo mismo, si el tubo tiene una longitud finita, el poder rotatorio varía con la concentración: se tiene pues

$$[\alpha]_c = f(c)$$

No se conoce la ley física que regula las variaciones que sufre $[\alpha]_c$ cuando c varía; pero podemos desarrollar el segundo miembro en serie convergente, por medio de la fórmula de Mac-Laurin, y tendremos

$$[\alpha]_c = f(o) + c\, f'(o) + c^2 \frac{f''(o)}{2!} + c^3 \frac{f'''(o)}{3!} + \cdots\cdots$$

Como la concentración ejerce poca influencia en el valor $[\alpha]_c$, según resulta de la experiencia, el primer término, independiente de c, es el mayor de la serie, y los demás decrecen con rapidez: tomando los dos primeros podremos escribir como una primera aproximación

$$[\alpha]_c = f(o) + c\, f'(o),$$

y, midiendo dos poderes rotatorios correspondientes a dos concentraciones c_1 y c_2, se tendrá:

$$[\alpha]_{c=c_1} = f(o) + c_1 f'(o)$$

$$[\alpha]_{c=c_2} = f(o) + c_2 f'(o)$$

de donde

$$f(o) = \frac{\begin{vmatrix} [\alpha]_{c=c_1} & c_1 \\ [\alpha]_{c=c_2} & c_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & c_1 \\ 1 & c_2 \end{vmatrix}} \quad ,, \quad f'(o) = \frac{\begin{vmatrix} 1 & [\alpha]_{c=c_1} \\ 1 & [\alpha]_{c=c_2} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & c_1 \\ 1 & c_2 \end{vmatrix}}$$

El valor $f(o)$ es, *aproximadamente*, el poder rotatorio de la substancia en solución infinitamente diluída, puesto que resulta de hacer $c=o$ en la fórmula anterior.

Obtendremos seguramente mayor aproximación, si tomamos tres términos de la serie de Mac-Laurin, y determinamos numéricamente tres poderes rotatorios con sendos líquidos de concentraciones c_1, c_2 y c_3: se tendrá entonces:

$$[\alpha]_{c=c_1} = f(o) + c_1 f'(o) + c_2 \frac{f''(o)}{2}$$

$$[\alpha]_{c=c_2} = f(o) + c_2 f'(o) + c_2^2 \frac{f''(o)}{2}$$

$$[\alpha]_{c=c_3} = f(o) + c_3 f'(o) + c_3^2 \frac{f''(o)}{2}$$

de donde resulta

$$f(o) = \frac{\begin{vmatrix} [\alpha]_{c=c_1} & c_1 & c_1^2 \\ [\alpha]_{c=c_2} & c_2 & c_2^2 \\ [\alpha]_{c=c_3} & c_3 & c_3^2 \end{vmatrix}}{\Delta} \quad ,, \quad f'(o) = \frac{\begin{vmatrix} 1 & [\alpha]_{c=c_1} & c_1^2 \\ 1 & [\alpha]_{c=c_2} & c_2^2 \\ 1 & [\alpha]_{c=c_3} & c_3^2 \end{vmatrix}}{\Delta} \quad ,, \quad \frac{f''(o)}{2} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & c_1 & [\alpha]_{c=c_1} \\ 1 & c_2 & [\alpha]_{c=c_2} \\ 1 & c_3 & [\alpha]_{c=c_3} \end{vmatrix}}{\Delta}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & c_1 & c_1^2 \\ 1 & c_2 & c_2^2 \\ 1 & c_3 & c_3^2 \end{vmatrix}$$

Y así podríamos obtener fórmulas y valores de $f(o)$ más o menos aproximados a la realidad.

Pero la forma exacta de la curva que represente el poder rotatorio, cuando la concentración varía, nos es desconocida, y, aunque podemos determinar cuantos puntos nos convengan, y obtener fórmulas de interpolación que nos deñ los valores aproximados de los puntos intermedios, ello es que el poder rotatorio para $c=o$, o sea, la porción del eje de las YY que media entre el punto en que la curva lo corta, y el origen de coordenadas, cambia según sean unas u otras las concentraciones que hayan servido para calcular aquellas fórmulas.

Ante esa circunstancia, y siendo de todo punto imposible efectuar experiencias que arrojen resultados positivos con líquidos de concentraciones nulas, ocurre calcular directamente el poder rotatorio de las substancias activas en solución infinitamente diluída, ateniéndose a lo siguiente:

Sean a_0, a_1, a_2, a_3,..... los puntos de la curva verdadera correspondientes a las concentraciones o, c_1, c_2, c_3,.....; es decir, que se tenga

$[\alpha]_{c=o} = O a_o$,, $[\alpha]_{c=c_1} = c_1 a_1$,, $[\alpha]_{c=c_2} = c_2 a_2$,, $[\alpha]_{c=c_3} = c_3 a_3$,, ...

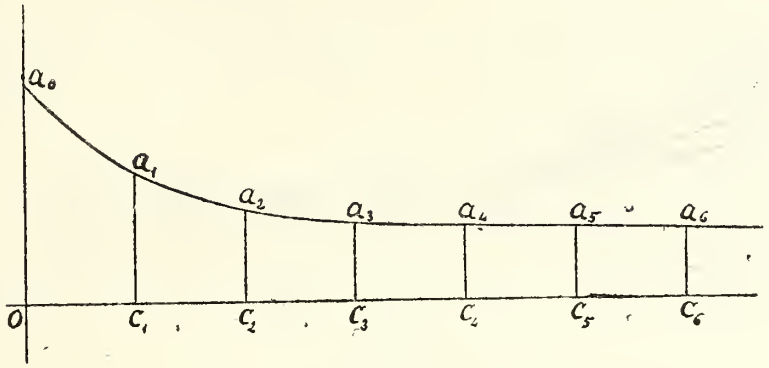


Fig. 1.ª

Si tomamos tres concentraciones sucesivas c_1, c_2, c_3, y determinamos numéricamente los valores $[\alpha]_{c=c_1}$, $[\alpha]_{c=c_2}$, $[\alpha]_{c=c_3}$, por medio de la fórmula usual y corriente $[\alpha]_c = \frac{\alpha V}{\lambda c}$, podremos calcular la ecuación de una curva parabólica que pase por a_1, a_2 y a_3, la cual tendrá estos puntos comunes con la verdadera curva del poder rotatorio: de la misma manera podremos calcular las ecuaciones de las curvas parabólicas que pasen por los puntos a_2, a_3, a_4; a_3, a_4, a_5; etcétera.

Nada autoriza a pensar a priori que la curva representada por $[\alpha] = f(c)$, no tenga algún punto de inflexión, de retroceso, máximos o mínimos: pero siempre podremos tomar tres series de valores c_1, c_2, c_3; c_2, c_3, c_4; c_3, c_4, c_5, lo bastante próximos entre sí, y del origen O, tales, que ninguna de las dos primeras derivadas de $f(c)$ sea nula ni infinita cuando la variable c pase por ley de continuidad desde o hasta c_5.

La fórmula que exprese el valor de $[\alpha]$ calculado con las concentraciones c_1, c_2 y c_3 es valedera y exacta para los puntos de la curva correspondientes a estas concentraciones: muy aproximada para los comprendidos entre a_1 y a_2, a_2 y a_3, puesto que los puntos a_1, a_2 y a_3 de la curva verdadera obligan a la curva parabólica a no desviarse mucho; pero desde a_1 hacia la izquierda, camina ésta libremente, sin más ley que la que le imponen los puntos a_3, a_2, a_1, y corta al eje de las YY en el punto a_{01} determinando un segmento Oa_{01}, que es el valor de $f(o)$ calculado anteriormente. (Fig. 2.ª)

La expresión obtenida con las concentraciones c_2, c_3, c_4 es exacta para los puntos a_2, a_3 y a_4, y muy aproximada para los intermedios; pero la curva camina

libremente hacia la izquierda a partir del punto a_2, sin más ley que la que le imponen los puntos a_4, a_3, a_2, y corta al eje OY en el punto a_{o2}, distinto del anterior. Finalmente la expresión $[\alpha]_{c=c_3, c_4, c_5}$ produce en el eje de la YY otro punto a_{o3}, correspondiente al de $[\alpha]_{c=o}$.

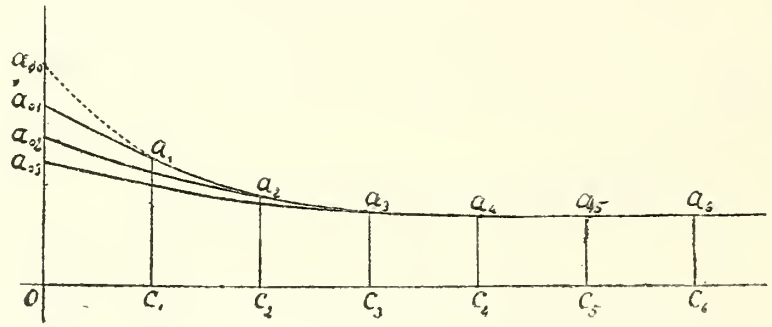


Fig. 2.ª

Hemos obtenido, pues, tres valores diferentes para el poder rotatorio de la substancia activa en solución infinitamente diluida, y, aunque ninguno es el verdadero, es evidente que, no teniendo la curva ningún punto singular, máximo ni mínimo desde el eje de las YY hasta a_5, las magnitudes Oa_{o1} Oa_{o2} y Oa_{o3} guardan una cierta ley de crecimiento positivo o negativo que depende de las posiciones de los puntos a partir de las cuales caminan las curvas libremente hacia la izquierda.

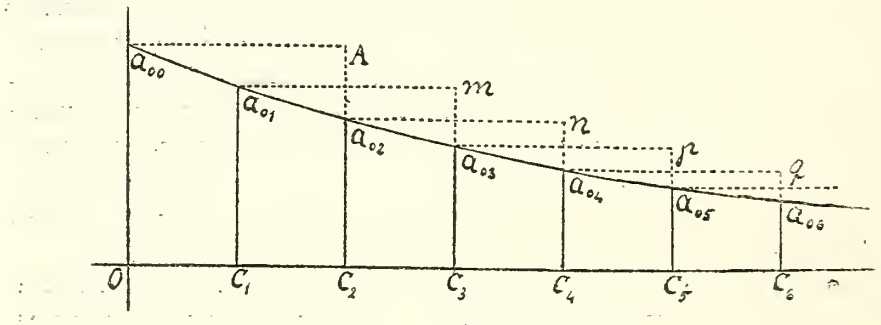


Fig. 3.ª

Interpretando geométricamente las variaciones de Oa_o en función de las concentraciones respectivas, se tiene que el valor $c_1a_{o1}=Oa_{o1}$ es el que resulta de las concentraciones c_1, c_2, c_3; el $c_2a_{o2}=Oa_{o2}$ resulta de las c_2, c_3, c_4; el $c_3a_{o3}=Oa_{o3}$ de las c_3, c_4, c_5; el $c_4a_{o4}=Oa_{o4}$ (que podríamos haberlo también determinado), resultaría de las concentraciones c_4, c_5, c_6; etc., etc.

Es indudable que la curva parabólica que pasase por q, p y n, pasaría por m, o

por un punto a él muy próximo, y determinaría el valor de $c_3m=Oa_{01}$, con toda exactitud, o, cuando menos, con una aproximación mucho mayor que la que resultaría de tomar como valor de Oa_{01}, la magnitud c_4n, que es el valor del poder rotatorio que se obtiene para la substancia activa en solución infinitamente diluída, cuando se toman para calcularlo, las concentraciones c_2, c_3, c_4: luego, de la misma manera, la curva parabólica que pase por p, n y m, pasará también por A, o por un punto a él muy próximo, y determinará el valor $c_2A=Oa_{00}$ con toda exactitud o por lo menos con una aproximación mucho mayor que la que resulta de tomar como valor del poder rotatorio de la substancia activa en solución infinitivamente diluída la magnitud $c_3m=Oa_{01}$, calculada con las concentraciones c_1, c_2 y c_3.

Todo se reduce, pues, a hacer pasar una curva parabólica por los puntos p, n y m para determinar luego el punto A, o lo que es igual, calcular la ecuación de la curva parabólica que pase por los puntos a_{03}, a_{02} y a_{01}, y determinar el valor de a_{00} haciendo $c=o$.

Para ellos tenemos el siguiente sistema de ecuaciones: (Figs. 2.ª y 3.ª).

$$\left.\begin{aligned} Oa_{01} &= Oa_{00} + c_1M + c_1^2N \\ Oa_{02} &= Oa_{00} + c_2M + c_2^2N \\ Oa_{03} &= Oa_{00} + c_3M + c_3^2N \end{aligned}\right\} \text{ que da } Oa_{00} = \frac{\begin{vmatrix} Oa_{01} & c_1 & c_1^2 \\ Oa_{02} & c_2 & c_2^2 \\ Oa_{03} & c_3 & c_3^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & c_1 & c_1^2 \\ 1 & c_2 & c_2^2 \\ 1 & c_3 & c_3^2 \end{vmatrix}}$$

La aproximación con que la magnitud Oa_{00} mida el poder rotatorio de la substancia activa en solución infinitamente diluída, depende de la exactitud con que se hayan determinado los poderes rotatorios $[\alpha]_{c=c_1} \cdots [\alpha]_{c=c_3}$, y de las concentraciones que hayamos elegido para calcular las fórmulas. Cuanto más pequeña sea c_1, mayor será la aproximación que se obtenga. En general, deberán tomarse las demás concentraciones todo lo más próximas entre sí posible, siempre que las diferencias que produzcan en el poder rotatorio sean lo suficientemente grandes para que influyan poco en ellas los inevitables errores que se cometan al efectuar las medidas. Para ello es indispensable el empleo de largos tubos de observación, o hacer uso de disposiciones especiales.

El valor Oa_{00} nos permite hallar una fórmula mucho más exacta que las hasta ahora obtenidas, para tres concentraciones sucesivas.

Tenemos, en efecto;

$$[\alpha]_{c=u} = Oa_{oo} + c_u H + c_u{}^2 K + c_u{}^3 L$$

$$[\alpha]_{c=v} = Oa_{oo} + c_v H + c_v{}^2 K + c_v{}^3 L$$

$$[\alpha]_{c=w} = Oa_{oo} + c_w H + c_w{}^2 K + c_w{}^3 L$$

de donde se obtiene

$$H = \frac{\begin{vmatrix} [\alpha]_{c=u} - Oa_{oo} & c_u{}^2 & c_u{}^3 \\ [\alpha]_{c=v} - Oa_{oo} & c_v{}^2 & c_v{}^3 \\ [\alpha]_{c=w} - Oa_{oo} & c_w{}^2 & c_w{}^3 \end{vmatrix}}{\Delta} \quad , \quad K = \frac{\begin{vmatrix} c_u & [\alpha]_{c=u} - Oa_{oo} & c_u{}^3 \\ c_v & [\alpha]_{c=v} - Oa_{oo} & c_v{}^3 \\ c_w & [\alpha]_{c=w} - Oa_{oo} & c_w{}^3 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} c_u & c_u{}^2 & c_u{}^3 \\ c_v & c_v{}^2 & c_v{}^3 \\ c_w & c_w{}^2 & c_w{}^3 \end{vmatrix}$$

$$L = \frac{\begin{vmatrix} c_u & c_u{}^2 & [\alpha]_{c=u} - Oa_{oo} \\ c_v & c_v{}^2 & [\alpha]_{c=v} - Oa_{oo} \\ c_w & c_w{}^2 & [\alpha]_{c=w} - Oa_{oo} \end{vmatrix}}{\Delta}$$

y por lo tanto

$$[\alpha]_{o,\ u,\ v,\ w} = Oa_{oo} + cH + c^2 K + c^3 L$$

fórmula mucho más aproximada que las que se dan como valores del poder rotatorio, obtenidas directamente con las concentraciones u, v y w sin calcular previamente el valor Oa_{oo}, puesto que la curva, además de verse forzada a pasar por los puntos cuyas abscisas son u, v y w, tiene que pasar por el punto a_{oo}, que es el que señala el poder rotatorio de la substancia, cuando la concentración tiende hacia cero.

Barcelona, diciembre de 1916.

PRESENTED
18 JUL 1918
BRITISH MUSEUM

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚMS. 13 Y 14

N.º 13

NOTA SOBRE LOS TERREMOTOS ALICANTINOS DE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DE 1916

N.º 14

NOTA SOBRE LOS TEMBLORES DE TIERRA OCURRIDOS EN LA REGIÓN DE TEYA DEL 9 AL 12 DE DICIEMBRE DE 1916

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Publicado en marzo de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚMS. 13 Y 14

N.° 13

NOTA SOBRE LOS TERREMOTOS ALICANTINOS DE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DE 1916

N.° 14

NOTA SOBRE LOS TEMBLORES DE TIERRA OCURRIDOS EN LA REGIÓN DE TEYÁ DEL 9 AL 12 DE DICIEMBRE DE 1916

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Publicado en marzo de 1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

NOTA SOBRE LOS TERREMOTOS ALICANTINOS DE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DE 1916

por el académico numerario

DR. EDUARDO FONTSERÉ

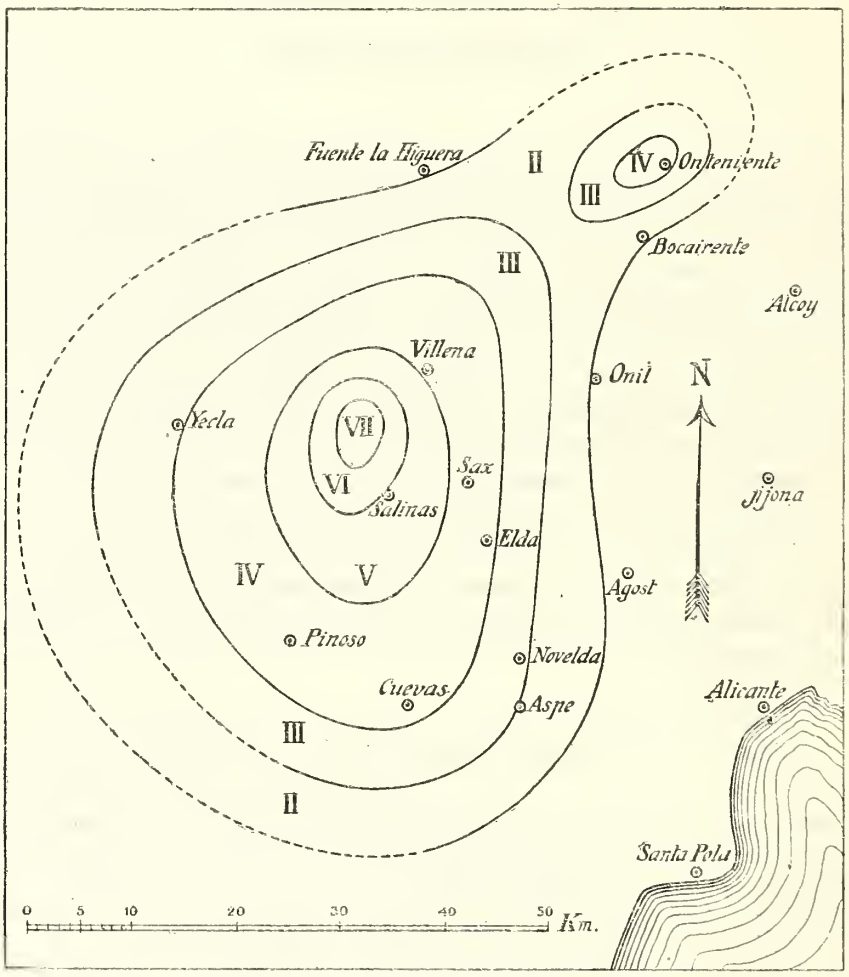
Sesión del día 29 de enero de 1917

La provincia de Alicante, testigo de los violentos sismos de 1909, figura en nuestra Península como una de las más castigadas por los movimientos del suelo, particularmente en una línea que desde las playas de Torrevieja se dirige hacia el Noroeste. Al grupo de temblores alicantinos que desde hace algunos siglos llevan registrados geólogos e historiadores, pertenecen dos sismos muy recientes, ambos registrados en el Observatorio Fabra y en todas las demás estaciones sísmicas españolas, lo cual, por sí solo, ya da a entender la importancia de ambos fenómenos. Si a estos temblores de tierra les buscamos predecesores en la historia, tal vez podrían referirse al primero las sacudidas del suelo ocurridas en 1615 y 1620 (números 13 y 14 del catálogo del P. S. Navarro); en cuanto al segundo, por ser el epicentro marino, su conocimiento es exclusivamente fruto del excelente servicio sismológico costero del Mediterráneo occidental, hoy uno de los mejores del globo, por contar con numerosas estaciones, escalonadas a menos de 300 kilómetros unas de otras, con registros horarios irreprochables y relacionadas telegráficamente entre sí.

TEMBLOR DEL 28 DE NOVIEMBRE DE 1916, A LAS 22 H. 5 M. 43 S.

Este sismo es el menor de los dos a que nos referimos, y esencialmente terrestre. El ingeniero señor Castillo, Jefe de la Estación sismológica de Alicante, telegrafió como hora en aquella estación 22 h. 5 m. 46 s., con una distancia epicentral inferior a 70 kilómetros, y en una información ulterior nos indicó que el fenómeno había alcanzado el grado VI-VII de Mercalli en las cercanías de Villena. Estos datos nos pusieron en condiciones de intentar una investigación macrosísmica, para la cual nos fué de gran utilidad la presencia en esta última población del farmacéutico don Tomás Giner, persona habituada desde largos años a los trabajos de las ciencias de observación. Por él nos enteramos, corroborando las primeras noticias a que antes nos hemos referido, que la máxima intensidad del fenómeno correspondía a algunas casas de campo del macizo montañoso situado al SW. de Villena y llamado Sierra de Salinas, donde se habían derrumbado algunas chimeneas y agrietado varias paredes, habiendo sido

sensible también el terremoto en los pueblos de Sax y Elda. Un cuestionario remitido a diversas personas residentes en la comarca permitió precisar con algunos pormenores la carta isosística de este terremoto, que comprende un área de unos 90 kilómetros de longitud. De todos los datos recibidos resulta que el epicentro se encuentra en la referida Sierra de Salinas, con un máximum



Carta isosística del terremoto de 28 de noviembre de 1916

secundario (grado IV. M.) en Onteniente, en la provincia de Valencia. Del propio grado fué el temblor en Yecla, en la provincia de Murcia. El espacio comprendido entre el máximo principal y el de Onteniente, parece haber sido asísmico en los límites de las provincias de Valencia y Alicante, por cuanto los observadores de Onil, Bocairente, Alcoy y Fuente la Higuera dan como no sentido por nadie el terremoto. He aquí el resumen de esta información macrosísmica:

Datos macrosismicos facilitados por diversos observadores

(Referidos a la escala de Mercalli)

Localidad y Observador	Temblor del día 28 de noviembre de 1916, a las 22 h. 5 m. 43 s.
AGOST *D. José Castelló, Alcalde.*	Grado I.—En esta villa ni en su término no se ha percibido en todo el año, hasta la fecha, sacudida sísmica alguna.
ASPE *D. Antonio Giménez Grades.*	Grado II-III.—El fenómeno fué acompañado de ruídos, que se confundían con los de la tormenta que en aquel momento descargaba sobre la población. Duración de la sacudida unos 2 segundos.
BENILLOBA *D. Ginés Mira, Alcalde.*	Grado I.—No fué notado por persona alguna.
BOCAIRENTE *R. P. Antonio Artés, Párroco.*	Grado I.—Las averiguaciones practicadas confirman que no fué sentido en la localidad.
FUENTE LA HIGUERA *Iltre. Sr. Alcalde.*	Grado I.—No fué sentido en la localidad.
JIJONA *D. Eloy Coloma Sirvent, Maestro Nacional.*	Grado 1.—No fué sentido el temblor en todo el término municipal ni en los limítrofes.
ONIL *D. Vicente Cortés.*	Grado I —No fué sentido en la localidad.
ONTENIENTE *R. P. José M.ª Reig Martínez, Pbro.*	Grado IV.—Sensación como si la cama desapareciera durante un segundo, acompañada de un ruído lejano, como de desprendimiento interior de tierra; réplica a los 10 o 12 segundos, pero sin ruído. En una balsa de agua se hizo pedazos el suelo de la misma.
PENÁGUILA *Iltre. Sr. Alcalde.*	Grado I.
CUEVAS *R. P. Andrés Bayle.*	Grado III-IV.—Duración algunos segundos.

Localidad y Observador	Temblor del dia 28 de noviembre de 1916, a las 22 h. 5 m. 43 s.
VILLENA *D. Tomás Giner, farmacéutico.*	Grado IV. — En una casa de campo distante 2 Km. se elevó el agua del pozo. La duración del terremoto fué próximamente de un segundo. En la Sierra de Salinas se derrumbaron algunas chimeneas y se agrietaron algunas paredes (grado VI-VII). También fué sentido el temblor en Sax y en Elda.
YECLA *Sr. Cura Regente de la Purísima.*	Grado IV.—La duración del fenómeno, según las observaciones de varias personas, fué de 10 segundos.

El cuadro siguiente permite determinar con los datos anotados por los Observatorios españoles y con las distancias efectivas que resultan sobre el mapa, el momento de ocurrencia del fenómeno:

OBSERVATORIO	Primera fase (*P*)	Distancia epicentral efectiva	Retraso teórico (*P* — O)	Hora en el origen (O)
Alicante	22 h. 5 m. 46 s.	45 Km.	7 s.	22 h. 5 m. 39 s.
Almería	22 6 17	230	34	22 5 43
Ebro.	22 6 22	285	41	22 5 41
Málaga.	22 6 29	365	51	22 5 38
Toledo	22 6 31	300	43	22 5 48
Cartuja.	22 6 32	280	41	22 5 51
Fabra	22 6 37	415	58	22 5 39
S. Fernando . . .	22 7 —	520	1 m. 11 s.	— — —

Promedio . . . . . 22 h. 5 m. 43 s.

La transmisión de las ondas sísmicas a los Observatorios circundantes no ha sido muy uniforme. En particular han sido aquéllas absorbidas hacia el Sur, hasta el punto de que no han impresionado los sismógrafos de Argel. También en San Fernando el registro ha sido débil, con fases inciertas, siendo notable esta circunstancia para los temblores de tierra ocurridos en el SE. de la Península, lo cual contrasta con la precisión con que en San Fernando se registran

terremotos débiles de epicentros mucho más lejanos. Es éste un punto a estudiar, que guarda probablemente relación con la textura de las cordilleras interpuestas entre esos epicentros peninsulares y los sismógrafos del referido Observatorio de Marina. En el Observatorio Fabra, los péndulos Mainka no inscribieron las primeras ondas hasta las 22 h. 6 m. 53 s., que es la hora que se anotó en nuestro Boletín mensual; pero la componente vertical del Vicentini revela una primera fase bien destacada a las 22 h. 6 m. 37 s., que es la hora con que figura nuestra *P* en el presente trabajo.

TEMBLOR DEL 25 DE DICIEMBRE DE 1916, A LAS 10 H. 28 M. 0 S.

Del segundo terremoto, o mejor dicho maremoto, ocurrido el 25 de diciembre y mucho más fuerte sin duda que el primero, carecemos de datos macrosísmicos. El P. Sánchez Navarro, director de la Estación de Cartuja, nos ha indicado la posibilidad de que fuese de grado V en la costa de Alicante, pero habiéndonos manifestado además su intento de averiguaciones más extensas acerca del área e intensidad del temblor, hemos prescindido por nuestra parte de llevar a cabo la información que como de costumbre teníamos preparada, con objeto de que nuestro trabajo no interfiriera con el de aquel distinguido sismólogo, habiendo reducido este estudio al de los datos inscritos en los sismógrafos españoles a los cuales he de añadir los que me ha comunicado el señor Gonnessiat, Director del Observatorio de Argel. Del conjunto resulta que el epicentro es marino, siendo por tanto probable que las averiguaciones macrosísmicas aporten sólo datos extremos, referentes a la zona periférica occidental del área conmovida.

Este segundo terremoto se produjo en el golfo de Alicante, no lejos de la costa. La sacudida debió ser relativamente considerable, si se la compara con la del 28 de noviembre. La hora en el epicentro resulta ser las 10 h. 28 m. 0 s.

Los datos de que nos hemos servido para la discusión, además de los del Observatorio Fabra, nos han sido facilitados por los Directores de los Observatorios de Alicante, Bouzaréah (Argel), Almería, Ebro, Cartuja, Málaga, Toledo y San Fernando.

En el cuadro siguiente se dan para cada Observatorio: *P*, hora de comienzo de las primeras ondas preliminares; Δ_1, distancia epicentral calculada en vista de los sismogramas respectivos; *O*, hora de la sacudida en el epicentro, calculada con las tablas de Klotz en vista de los valores *P* y Δ_1; *P*—10 h. 28 m. 0 s., tiempo que han tardado en registrarse las primeras ondas; Δ_2, distancia epicentral calculada en función del valor anterior. Se ha tomado como valor probable de la distancia de cada aparato al foco del terremoto, el promedio entre Δ_1 y Δ_2.

ESTACIONES	P	Δ_1	O	P — 10 h. 28 m. 0 s.	Δ_2	$\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}$
Alicante . . .	10 h. 28 m 6 s.	40 Km.	10 h. 28 m. 0 s.	6 s.	39 Km.	40 Km.
Bouzaréah . .	10 28 38	330	10 27 51	38 s.	260	295
Almería . .	10 28 45	295	10 28 2	45 s.	315	305
Ebro.	10 28 45	300	10 28 2	45 s.	315	307
Cartuja . . .	10 28 51	410	10 27 54	51 s.	365	387
Fabra	10 28 56	386	10 28 2	56 s.	400	393
Málaga. . . .	10 29 7	480	10 28 1	1 m. 7 s.	490	485
Toledo. . . .	10 29 10	450	10 28 8	1 m. 10 s.	510	480
S. Fernando .	10 30 0	350	—	2 m. 0 s.	910	630 (1)

Promedio. . . 10 h. 28 m. 0 s.

Con los valores de $\frac{1}{2}(\Delta_1 + \Delta_2)$ que figuran en el cuadro anterior, se encuentra como epicentro una región cuyas coordenadas geográficas son 38°,3 de latitud norte y 0°,4 de longitud al este de Greenwich. Este epicentro forma sin duda parte del extenso sistema sísmico que tan fuertes temblores ha producido en diversas épocas en la provincia de Alicante, y la presente determinación geográfica no dejará de tener interés para el estudio del dinamismo terrestre en aquella porción de nuestro suelo.

Notable es la manera diferente de propagarse este terremoto en los distintos azimutes. Las estaciones catalanas lo señalan como muy fuerte; la del Ebro, designa el sismograma como de extraordinaria amplitud; en Fabra las ondas máximas alcanzan 25 μ en ambas componentes, y el sismograma de la estación del Instituto de Gerona, que hemos tenido en la mano, revela allí una amplitud casi igual. Parecido es el sismograma del aparato Bosch-Omori de Almería. Alicante, por su parte, señala como violento este sismo. En cambio el sismograma de Bouzaréah, a igual distancia que Tortosa, no denota una intensidad considerable. Estas diferencias parecerían indicar una mayor facilidad de propagación, o sea

(1) Tal vez parezca abusivo el procedimiento de tomar como valor probable el promedio entre los de Δ_1 y Δ_2, mediando entre ellos una diferencia tan grande. No obstante, el procedimiento es lícito cuando, como ocurre en este caso, el registro de las primeras ondas es débil e incierto por efecto de la distancia de la estación al epicentro y los microsismos, siendo en cambio claro el registro de la fase principal. En el supuesto de un retraso de algunos segundos en el registro de *P* y de exactitud en el de *L*, es fácil demostrar que para distancias epicentrales inferiores a 1000 kilómetros el valor $^1/_2(\Delta_1 + \Delta_2)$ se diferencia de la verdadera distancia epicentral en un error que no excede, en kilómetros, del producto del error de *P* en segundos por el factor 0,6.

un coeficiente de absorción menor, en la dirección de la costa de Cataluña que hacia Argelia.

Dos pequeñas réplicas han seguido a este temblor el mismo día 25; la primera se inscribió en Granada a las 10 h. 35 m. 11 s., en Alicante a las 10 h. 35 m. 57 s. y en el Ebro a las 10 h. 36 m. 34 s.; la segunda en Alicante a las 11 h. 0 m. 7 s., en el Ebro 32 segundos después y en Granada a las 11 h. 0 m. 51 s. En el supuesto de no tratarse de epicentros diferentes del anterior, las horas en el origen serían para estas dos sacudidas secundarias, deduciéndolas del sismograma de Alicante, 10 h. 35 m. 51 s. y 11 h. 0 m. 1 s. En el Observatorio Fabra no se registraron estas réplicas, ni tenemos noticia de que se inscribieran en los restantes.

NOTA SOBRE LOS TEMBLORES DE TIERRA OCURRIDOS EN LA REGIÓN DE TEYÁ DEL 9 AL 12 DE DICIEMBRE DE 1916

por el académico numerario

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Sesión del día 29 de enero de 1917

La zona sísmica de Teyá ha continuado, a mediados de diciembre de 1916, sus muestras de actividad, si bien los temblores han sido inferiores al grado V de Mercalli. En los sismógrafos del Observatorio Fabra se han registrado dos de ellos; el primero, el 9 de diciembre a las 4 h. 26 m. 15 s., lo cual corresponde a las 4 h. 26 m. 12 s. en el epicentro, situado éste en las cercanías del referido pueblo; y el tercero, el 12 de diciembre a las 22 h. 55 m. 8 s. en el origen, o sea a las 22 h. 55 m. 11 s. en el Observatorio. Una réplica intermedia, que los observadores de Montgat y Teyá señalan el día 10 entre 1 h. y 2 h. próximamente, no ha excedido del grado III, ni ha llegado a impresionar nuestros aparatos.

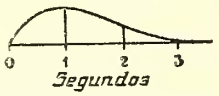
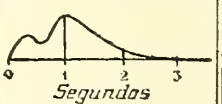
Aun cuando estas intensidades están ya en los límites de los movimientos geológicos observables, la circunstancia de tratarse de un epicentro tan importante para nosotros y alrededor del cual son numerosos los observadores que colaborando en nuestros trabajos rivalizan en su meritísima labor de anotar los menores movimientos del suelo, presta interés a su estudio.

El resultado de las observaciones macrosísmicas cuyo resumen se acompaña, y en particular la ausencia de todo fenómeno sísmico que hacen constar los observadores de Martorellas y Montmeló, viene a confirmar la opinión que expuse con ocasión del temblor levantino de 15 de junio último, presentando como poco probable la existencia de un epicentro permanente en las alturas de la cadena costera, el cual debe situarse más bien en una línea que va de Alella a Vilasar de Dalt.

A continuación figura el resúmen de los datos remitidos por nuestros colaboradores de aquella comarca:

Datos macrosísmicos facilitados por diversos observadores

(Referidos a la escala de Mercalli)

Localidad y observador	Temblor del 9 Diciembre 1916, a las 4 h. 26 m. 12 s.	Temblor del 9-10 diciembre 1916, hacia media noche	Temblor del 12 diciembre 1916, a las 22 h. 55 m. 8 s.
ALELLA *D. Marcelino Pons, Maestro Nacional*	Grado IV.—Sacudida parecida a dos cañonazos con medio segundo de intervalo. Duración del sonido, como de percusión, 10 o 12 segundos.		Grado III.—Ruído subterráneo de poca duración, tal vez a causa del viento. Dirección aparente de S a N.
CABRILS *D. Manuel Ruiz, Maestro Nacional.*	Grado III.—Ruido sordo, que duró cosa de 1 minuto.		Grado III. — Ruído profundo y con repercusiones, que duró cosa de 1 minuto.
MARTORELLAS *D. Jaime Cluet, Maestro Nacional.*	Grado I.		
MONTGAT *D. Juan Guardia, de la Sociedad Astronómica de Barcelona.*	Grado III.—Ruido parecido al estampido de un cañón. Trepidación de los cristales.	Grado III.—Ruído violento y seco, como el que produciría un edificio al derrumbarse.	
MONTMELO *D. José Estruch, Maestro Nacional.*	Grado I.		
S. GINÉS DE VILASAR *D. Salvador B. Cassi, Maestro Nacional.*	Grado IV.—Hacia las 2 h. se sintió un ligero temblor, que se repitió con intensidad mucho mayor a las 4 h 27 m., acompañado de ruido parecido al de un trueno, y luego al de un cohete. Rotura de algunos cristales. Duración unos 15 segundos.		
S. PEDRO DE PREMIÁ *D. Ramón Bordas, Maestro Nacional.*	Grado IV. — Empezó por un zumbido que fué acrecentándose, y que hizo ladrar los perros; de pronto se oyó como un escopetazo o barreno, y luego continuó el zumbido, que se amortiguó rápidamente.		
TEYÁ *Dr. Jacinto Barrera, Farmacéutico.*	Grado III.—Detonación. Duración de 2 a 3 segundos, representada la intensidad del movimiento en la gráfica adjunta:  Sentida, según noticias, en Premiá de Dalt.	Grado II.	Grado III — Detonación. Duración unos dos segundos. La gráfica del temblor la aprecia el observador en esta forma: 
TIANA *D. Antonio Ibars, Maestro Nacional.*	Grado IV.—Duración 3 a 4 segundos. (El observador señala una sacudida hacia media noche, que puede corresponder al sismo siguiente).		
VILASAR DE MAR *D. Isidro Arenas, Maestro Nacional.*	Grado II-III.—Ruído como de disparo de arma de fuego. Sacudida momentánea. (Igual observación que para Tiana).		

PRESENTED
1 [illegible] 1918
BRITISH MUSEUM

005.B.

18 JUL.1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚMS. 15 Y 16

N.º 15

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN BELLMUNT DE CIURANA EL 26 DE ENERO DE 1917

N.º 16

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN COTILLAS (MURCIA) EL 28 DE ENERO DE 1917

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Publicado en marzo de 1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚMS. 15 Y 16

N.º 15

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN BELLMUNT DE CIURANA EL 26 DE ENERO DE 1917

N.º 16

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN COTILLAS (MURCIA) EL 28 DE ENERO DE 1917

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Publicado en marzo de 1917

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN BELLMUNT DE CIURANA EL 26 DE ENERO DE 1917

por el académico numerario

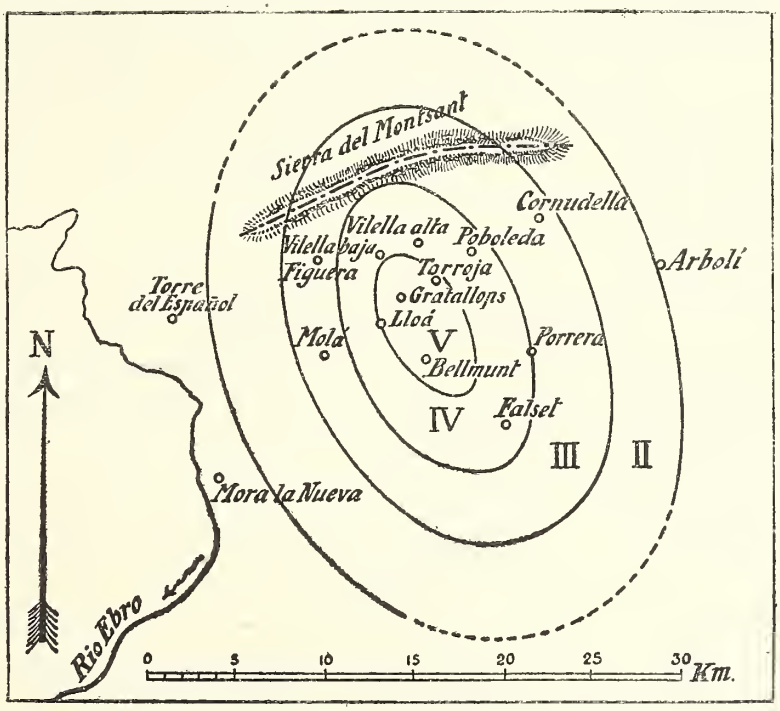
DR. EDUARDO FONTSERÉ

Sesión del día 24 de febrero de 1917

Fué registrada esta sacudida en el Observatorio Fabra y en el del Ebro. Con la hora de este último, que fué el más cercano, y con la posición del epicentro determinado mediante la información macrosísmica, se encuentra como hora en el origen 18 h. 6 m. 51 s. Ignoramos si se registró en las otras estaciones españolas.

El foco de este temblor de tierra se halla al Sur del macizo del Montsant, entre los pueblos de Lloá, Bellmunt y Gratallops, donde el fenómeno alcanzó el grado V de la escala de Mercalli. Encuéntrase a poca distancia del epicentro de 3 de octubre de 1845, y cerca también de otro epicentro menos notable, el de 17 de agosto de 1883. El área agitada fué poco extensa, no alcanzando a 40 Km. en su máxima dimensión.

Los observadores de Falset comunican que en el interior de las minas de Bellmunt, precisamente en el punto de máxima intensidad sísmica, el terremoto no fué perceptible en el interior de los pozos, a 300 metros de profundidad.



Carta isosística del temblor de tierra del 26 de enero de 1917, referida a la escala de Mercalli

Datos macrosísmicos facilitados por diversos observadores

(Referidos a la escala de Mercalli)

Localidad y Observador	Temblor del día 26 de enero de 1917, a las 18 h. 6 m 51 s.
ARBOLÍ *Rdo. D. Antonio de P. Roig, párroco.*	Grado I.
BELLMUNT DE CIURANA *D. Angel Gich Rojals, médico.*	Grado V. — Fuerte ruído como si se hubiese derrocado algún paredón; el ruído fué simultáneo con la oscilación del suelo. La duración del movimiento fué de 25 a 30 segundos. En Lloá la sacudida parece haber sido más intensa, alcanzando en algún punto de aquel término el grado VI.
FALSET *D. Justo Ostalé, oficial de Telégrafos.*	Grado IV. — Ruído sordo durante el temblor. Comunica que en las minas de Bellmunt el temblor fué de grado V, pero imperceptible en los pozos a 300 metros de profundidad.
FALSET *D.ª Modesta Riofrío, maestra nacional.*	Grado IV. — Confirma las observaciones anteriores; y aprecia el ruído como semejante al que produciría una viga al ser colocada en su asiento.
GRATALLOPS *D. Juan Piqué Masip.*	Grado IV-V. — Indica una réplica de grado III dos minutos más tarde.
LA FIGUERA *Rdo. D. Juan Sampei, párroco.*	Grado III. — Estima en un 5 % de la población los que notaron el fenómeno.
LA FIGUERA *D. Pedro Salvadó, alcalde.*	Grado III. — Duración del temblor, unos 2 segundos.
LLOÁ *D. Miguel Bartolomé, alcalde.*	Grado V. — Fuerte sacudida seguida de una réplica más débil.
LLOÁ *Rdo. D. José Escura, párroco.*	Grado IV-V. — Fuerte golpe que duró unos 2 segundos, sentido también en Molá.

Localidad y Observador	Temblor del dia 26 de enero de 1917, a las 18 h. 6 m. 51 s.
MOLÁ *D. Jaime Bargalló.*	Grado III.
MORA LA NUEVA *D. Hilario Costa.*	Grado I. — No parece haber sido sentido por nadie el terremoto en la localidad.
POBOLEDA *D. J. Aragonés, secretario del Ayuntamiento.*	Grado IV. — La duración parece no haber sido superior a 1 segundo. Trepitación parecida al disparo de un fuerte barreno a una profundidad considerable. El número de personas que notaron el fenómeno puede estimarse en el 95 °/₀.
PORRERA *D. Jaime Montlleó, oficial de Telégrafos.*	Grado III-IV. — Sentido también en Cornudella. Interesa la observación de las corrientes telúricas en los casos de temblores de tierra, por haberlas observado en ocasiones semejantes.
TORRE DEL ESPAÑOL *D. J. Pío Manero.*	Grado I.
TORROJA *D. Ramón Escoda.*	Grado IV. — Golpe seco como el de la caída de un objeto dentro de cada casa.
VILELLA ALTA *Rdo. D. Joaquín Grau, pbro.*	Grado IV-V. — Sentido también en los pueblos limítrofes.
VILELLA ALTA *D. Miguel Sentín, alcalde y D. José Barrell, secretario.*	Grado IV. — Manifiestan que por la parte de Reus no fué sentido el temblor.
VILELLA BAJA *Rdo. D. Arcadio Gamundi, pbro.*	Grado V. — Ruído subterráneo de unos 3 segundos de duración, simultáneo con el temblor; más fuerte en la parte baja de la población.

NOTA SOBRE EL TEMBLOR DE TIERRA OCURRIDO EN COTILLAS (MURCIA) EL 28 DE ENERO DE 1917

por el académico numerario

DR. EDUARDO FONTSERÉ

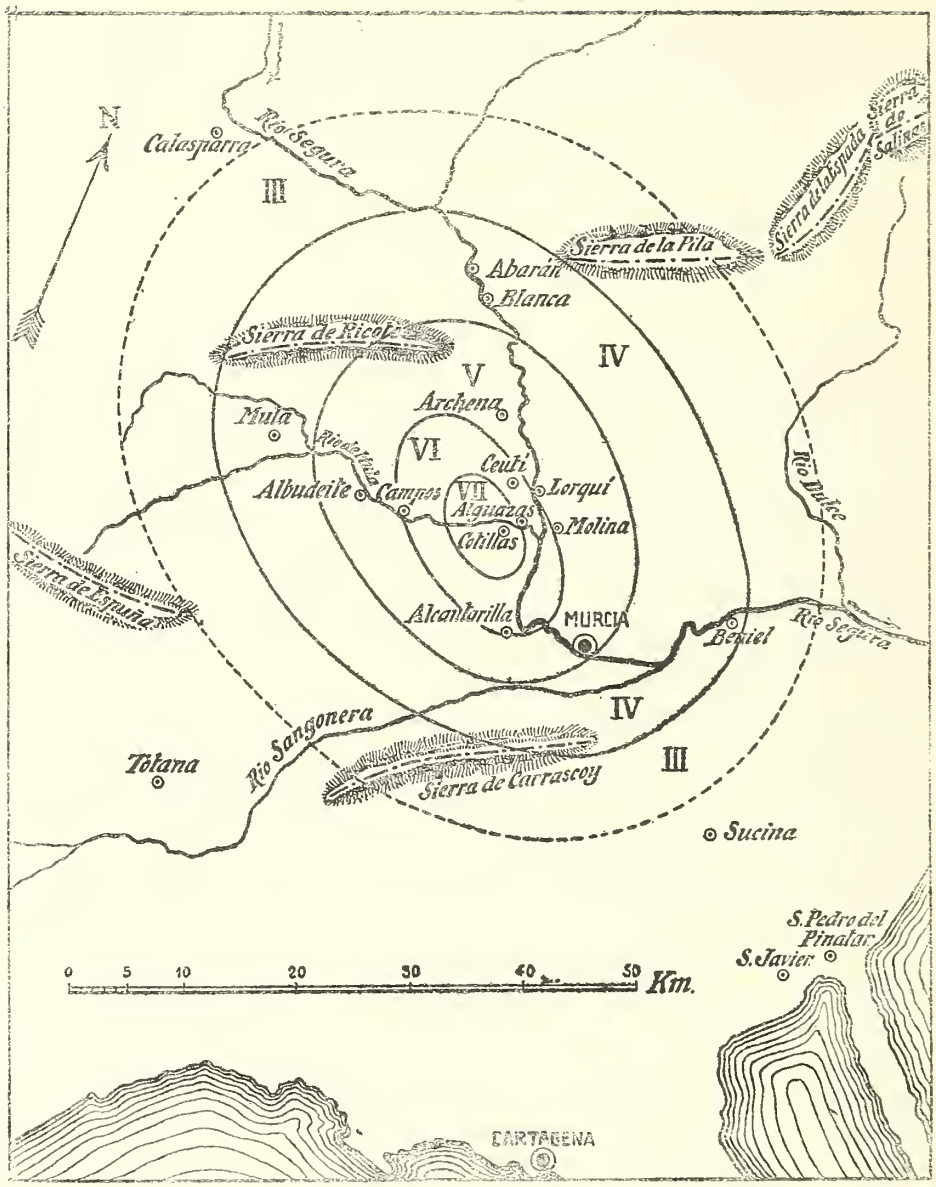
Sesión del día 24 de febrero de 1917

La comarca en que se ha producido este sismo ha sido fuertemente agitada por los terremotos en diversas épocas; en la última centuria han ocurrido en ella temblores de tierra más o menos intensos en 1828, 1829, 1884, 1902 y 1911. En comparación con los de la provincia de Alicante que fueron sentidos en el mes de noviembre y diciembre anteriores y con los cuales éste guarda sin duda relación tectónica, ha sido relativamente menos importante, y desde luego su registro menos general en los sismógrafos de la red peninsular. En el Observatorio Fabra no fué inscrito por ningún aparato, y de los demás de España sabemos sólo que fué registrado en el del Ebro, el de Cartuja, el de Almería y el de Alicante, es decir, los más inmediatamente próximos.

A una amable comunicación del académico correspondiente en Murcia, Excelentísimo Sr. D. Ricardo Codorniu, debo las primeras noticias detalladas de este fenómeno, que me pusieron en camino para proseguir en la zona macrosísmica la información de costumbre, cuyo resumen figura a continuación. Séame permitido significar aquí mi agradecimiento al Sr. Codorniu y a los demás colaboradores, que agrupados hoy en una asociación expontánea cuyo centro es el servicio sismológico de esta Real Academia, difícilmente dejarán de anotar en lo sucesivo cuantos temblores de tierra ocurran en la región ibero-pirenáica de nuestra península y de aportar datos para un estudio acabado de tales fenómenos.

Tomando como base la hora del sismograma de Alicante, que fué la estación sismológica más cercana al epicentro y que dió para el principio de las ondas preliminares $P=$ 22 h. 32 m. 42 s., resulta para la hora en el origen las 22 h. 32 m. 31 s. La intensidad fué por lo menos de grado VI de Mercalli en las Torres de Cotillas, con el consabido derrumbe de chimeneas y revoques, habiendo afectado la sacudida, principalmente, a las vegas de la confluencia del río de Mula con el Segura. En el epicentro puede estimarse en el grado VII la máxima intensidad.

Se ha hablado de epicentros secundarios, el mismo día 28, en la costa de Cartagena y de Alicante; pero nuestras averiguaciones en este sentido no han dado resultado afirmativo alguno.



Carta isosística del temblor de tierra de 28 de enero de 1917

Datos macrosísmicos facilitados por diversos observadores

(Referidos a la escala de Mercalli)

Localidad y Observador	Temblor del día 28 de enero de 1917, a las 22 h. 32 m 31 s.
ABARÁN *D. Luis Carrasco Gómez, profesor.*	Grado IV. — El temblor de tierra duró unos 9 segundos, acompañado de un ruído cuya duración fué de medio minuto escaso.
ALBUDEITE *Rdo. D. Alfonso Férez, párroco.*	Grado V. — Ruído semejante al rodar de un carro. En las Torres de Cotillas se derrumbaron algunas paredes y chimeneas; en Campos del Río, durante el terremoto estuvo dando en la campana un mazo que sirve para dar las horas del reloj. Duración en Albudeite, unos 4 segundos.
ALCANTARILLA *D. Jesús Ortiz Villajos, jefe de Telégrafos.*	Grado VI. — Duración unos 5 segundos. Simultáneamente empezó un fuerte ruído subterráneo que continuó hasta algunos momentos después de pasado el temblor. Tres réplicas en la misma noche, una de ellas, a las 3 de la mañana, bastante fuerte.
BENIEL *Rdo. D. Pedro Martínez Romero, párroco, y Rdo. D. Antonio Gutiérrez, coadjutor.*	Grado IV. — Sentido en los pueblos limítrofes.
BLANCA *D. Enrique Sánchez Guillén.*	Grado IV-V. — En la huerta despertaron algunas personas.
CALASPARRA *D. Juan J. Moya, secretario del Ayuntamiento.*	Grado I. — No fué observado en la localidad.
CEUTÍ *D. Ramón Jara, alcalde.*	Grado V. — Ruído subterráneo antes de la sacudida. Duración total unos 7 segundos. Unos cuatro minutos después, dos réplicas de grado III separadas por medio minuto de intervalo, y otra réplica de esta misma intensidad unos diez minutos más tarde.
CEUTÍ *Rdo. D. Herminio Martínez, párroco.*	Grado V. — Duración del temblor unos 5 segundos, sintiéndose con más intensidad en los pisos altos. Cinco réplicas hasta las cuatro de la madrugada.

Localidad y Observador	Temblor del día 28 de enero de 1917, a las 22 h. 32 m. 31 s.
LORQUÍ *D. Mariano Ibáñez e Ibáñez, secretario del Ayuntamiento.*	Grado V. — El ruído no fué semejante a los de 1911, en que parecía que grandes bloques de tierra se hundieran en una cavidad subterránea. Pocos minutos después del temblor, y con 3 minutos de intervalo, se repitió el ruído, pero sin trepidación. Tres horas más tarde, dos réplicas de grado III.
MURCIA *Excmo. Sr. D. Ricardo Codorniu, ingeniero.*	Grado IV. — En el teatro, donde se tocaba en aquel momento música algo estruendosa, no fué notado el fenómeno por la concurrencia; después se explicó, en vista del testimonio de los que se hallaban fuera, que se hubieran volcado simultáneamente tres lámparas de los atriles. En la ciudad hubo alguna alarma. El observador, que acababa de acostarse en el momento del terremoto, contó hasta ocho sacudidas, estimando en 3 segundos la duración de la principal. Algunas personas apreciaron la dirección aparente de ésta como de Este a Oeste.
SAN JAVIER *Rdo. D. Joaquín Carrión, párroco.*	Grado I. — No se notó trepidación ni movimiento alguno.
SAN PEDRO DEL PINATAR *D. Guillermo Pérez, oficial de Telégrafos.*	Grado I. — No fué percibido por nadie el fenómeno.
SAN PEDRO DEL PINATAR *D. Agapito Velasco Gutiérrez, secretario del Ayuntamiento.*	Grado I. — Hace mucho tiempo que no se han observado temblores de tierra en dicha población.
SUCINA *D. Francisco Villar Romero, médico.*	Grado I. — No se percibió el fenómeno en Sucina ni en las poblaciones comprendidas entre ésta y el mar. Indica también que son raros los temblores de tierra en la citada región. El observador se hallaba en Murcia en el momento de la sacudida, y manifiesta que en la capital, dos horas antes de la sacudida principal, algunas personas creyeron notar una pequeña oscilación.

Localidad y Observador	Temblor del día 28 de enero de 1917, a las 22 h. 32 m. 31 s.
TORRES DE COTILLAS *Rdo. D. José Meseguer Gómez, Rector de Nuestra Sra. de la Salceda.*	Grado VI. — Movimiento de balanceo; grietas en muchas casas, caída de chimeneas, etc. Tres pequeñas réplicas en menos de dos minutos, y otra algo más intensa el día 29 a las 18 horas y media. Algunos vecinos sintieron además tres réplicas, también algo más perceptibles que las del día 28, el mismo día 29 entre 2 h. 30 m. y 3 h. Hacia el SE. fué menor la intensidad del terremoto.
TOTANA *D. Matías Romero, oficial de Telégrafos.*	Grado I. — No se notó en la población ni en todo su término.

PRESENTED
1 C JUL 1918
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 17

INTERPRETACIÓN QUÍMICA DE LA FUNCIÓN CLOROFÍLICA

POR EL

DR. ENRIQUE HERRERO DUCLOUX

ACADÉMICO CORRESPONDIENTE

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Publicada en mayo de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 17

INTERPRETACIÓN QUÍMICA DE LA FUNCIÓN CLOROFÍLICA

POR EL

DR. ENRIQUE HERRERO DUCLOUX

ACADÉMICO CORRESPONDIENTE

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

Publicada en mayo de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

INTERPRETACIÓN QUÍMICA DE LA FUNCIÓN CLOROFÍLICA

POR EL

DR. ENRIQUE HERRERO DUCLOUX

(ACADÉMICO CORRESPONDIENTE)

Sesión del día 28 de diciembre de 1916 (*)

Chlorophyll is perhaps the most interesting of organic substances.

Charles Darwin

Cuando el profesor Timiriazeff (1) hizo ante la Sociedad Real de Londres la exposición de sus originales experiencias y de sus curiosas teorías sobre los fenómenos de fotosíntesis, definió su situación ante el problema que sirve de título a estas páginas, comparándose al simbólico sabio que Gulliver encuentra en la Academia de Lagado y confesando haber pasado 35 años de su vida en la contemplación de una hoja encerrada en un tubo de cristal mientras se realizaba el misterio del "bottled sunshrine", del rayo de sol embotellado.

Y no podemos extrañarnos ante la perplejidad del sabio profesor de Moscú ni repudiar el término por él empleado, porque persiste hoy como ayer el enigma que tanto le preocupara, hasta el punto de afirmar Duclaux (2) que en todo el proceso de la asimilación clorofílica *ignoramos el papel de la clorofila* y porque ante las dificultades que el problema entraña quizá no podamos hacer otra cosa que edificar hipótesis y crear imágenes, diciendo como el botánico ginebrino Senebier.

J'aime voir les corpuscules de la lumière se combiner dans les corps.

Los fisiólogos de más autoridad han acometido la empresa de explicar la función clorofílica (3) (4) (5) y los químicos biólogos (6) (7) (8) (9) (10) han pro-

---

(*) Comunicación leída por el Dr. Murúa, Académico numerario.

(1) E. TIMIRIAZEFF, *The cosmical function of the green plant*, en *Proc. Royal Society*, 424 y siguientes. Londres, 1903.

(2) JACQUES DUCLAUX, *La chimie de la matière vivante*, 78. París, 1910.

(3) DR. W. PFEFFER, *Physiologie végétale*, I *Echanges de substance* (Trad. J. Friedel). París, 1905.

(4) W. PALLADIN, *Pflanzenphysiologie*. Berlín, 1911.

(5) P. MAZÉ, *Evolution du carbon et de l'azote dans le monde vivante*. París, 1899.

(6) ARMAND GAUTIER, *Chimie biologique*. París, 1892.

(7) J. R. CARRACIDO, *Tratado de química biológica*, Madrid, 1903.

(8) H. EULER, *Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie*. Brauschweig, 1908.

(9) GUSTAVE ANDRÉ, *Chimie végétale*. París, 1909.

(10) MARCO JOAVE, *Chimica vegetale e agraria*. Torino, 1911.

puesto teorías variadas, más o menos plausibles, para interpretarla; y su empeño no es el que dirige la investigación científica en el sentido estricto de la palabra, no es la función vegetal particular lo que hace converger esfuerzos tan numerosos y obstinados: es la transcendencia del fenómeno, sus proyecciones en la vida animal que encierra la de la especie humana, su valor como agente de equilibrio en los intercambios de substancia entre el mundo de los seres y la atmósfera y en fin, las condiciones curiosísimas en que se desarrolla, silenciosa, constante, insignificante en detalle y gigantesca en su conjunto, utilizando la energía policroma del flujo solar y las cantidades despreciables de anhidrido carbónico difundido en el océano gaseoso en cuyo fondo vivimos.

Como todo fenómeno químico, requiere para su realización materia y energía: la primera, el aire nos la ofrece con una constancia que desafía altura y latitud, mantenida en los continentes por la movilidad de las masas gaseosas con las brisas y los vientos y sobre los océanos por la acción adicional de las olas sin cesar removidas que disuelven o libertan el anhidrido carbónico en equilibrios químicos admirables (11); la segunda es del sol de donde procede, contrastando su magnitud con la escasez de la primera.

Y el prodigio que representan las selvas y los prados, escalando las montañas o llenando los valles, cubriendo las llanuras o circundando las ciudades, desafiando los mares o siguiendo a los ríos en su curso, es la obra de algo microscópico, insignificante, despreciable en sí, hermano de la bacteria y del glóbulo rojo que se agita en nuestras arterias: es el corpúsculo clorofílico, el cloroleucito, que como la hematía es algo vivo dentro del ser vivo, fermento para unos, catalizador para otros, transformador y productor de energía según algunos, sensibilizador óptico o químico según otros, intermediario especialmente constituído al decir nuestro y enigma sin duda para todos.

Penetrado de la importancia de la fotosíntesis vegetal, no dudé un día en definir la planta como aire transformado por el maravilloso influjo de un rayo de sol y poco cuesta demostrar que todos los elementos constituyentes de aquélla flotan en la atmósfera (12) (13) y que son las radiaciones de éste las que absorbidas, almacenadas y transformadas, edifican la materia organizada en el hongo monocelular o en el alga afiligranada y en el bambú gigantesco o en la sequoia milenaria.

La superficie de la tierra recibe del sol 1.922 calorías por centímetro cuadrado, en un minuto, admitiendo que la atmósfera absorbe la mitad de las radiaciones violetas y un décimo de las infrarojas (14); y aún así, la energía total corresponde

---

(11) A. Muntz y E. Lainé, *Eaux météoriques, sol et atmosphère* (Deuxième expédition antartique Francaise). Paris, 1913.

(12) H. Henriet, *L'atmosphère des villes*, en *Revue Générale des Sciences*, XVIII, 183. Paris, 1907.

(13) W. N. Harttey, *Les constituants mineraux de l'atmosphère poussiéreuse*, en *Proc. of the Royal Society*, LXXXV, 271. Londres, 1911.

(14) Abbot, *Anual Rapport of Smithsonian Institution*, 1913.

a 200 billones de caballos de vapor, acumulando bajo su influencia por día (15), en forma orgánica 4.000.000.000 de kilogramos de CO_2, cifra fabulosa que en épocas lejanas fué mayor aún a juzgar por las reservas de carbones fósiles que el hombre liberta hoy de su cárcel obscura y gasta o más bien derrocha sin norma y sin medida, comprometiendo el porvenir de nuestra raza, en sus empresas de civilización.

Pero no es suficiente el conocimiento de esas cifras, por muy elocuentes que por sí solas sean, para comprender el proceso de asimilación clorofílica en su mecanismo. A medida que el análisis de la radiación solar avanzaba, surgían las posibilidades de nuevas interpretaciones, pues las propiedades descubiertas para las vibraciones etéreas de frecuencia creciente y de longitudes de onda decreciente, abrían rumbos insospechados a la investigación, que experimentando *in vitro* permitía suponer los procesos desarrollados en la plastida de la hoja, inimitable laboratorio que el vulgo no sospecha, que humilla al sabio como Timiriazeff lo confesaba y sume al pensador en reflexiones hondas.

Se busca la clave en el poder particular de las diversas radiaciones, consiguiendo Bandisch y Furst resultados inesperados (16) en tanto que Ciamician y Silber (7) en largas experiencias no agotan la serie de reacciones posibles en que la luz interviene; examina Gloede (18) la influencia de diversas formas de la electricidad en el crecimiento de la planta y Escard (19) estudia el electro-cultivo sobre la base de experiencias que salen ya del radio del laboratorio, como lo ha demostrado en el país nuestro estudioso colega Prof. doctor Federico W. Gándara.

Y cuando Daniel Berthelot emprende sus trabajos sobre los rayos ultravioletas (20) y llega con Gaudechon (21) a definir el valor de las radiaciones de este orden en la síntesis fotoquímica, no sólo abren un campo virgen a la experimentación, sino que establecen como principio que cuanto mayor es la velocidad vibratoria, tanto más se desplazan los equilibrios hacia el sentido correspondiente a la restauración de energía (formación de combinaciones endotérmicas como O_3 o disociación de compuestos exotérmicos como CO_2 y H_2O) y afirman que los

---

(15) E. Damaur, J. Carnot y E. Rengade, *Les sources de l'énergie calorifique*. París, 1912.

(16) O. Bandisch y R. Furst, *Recherches préliminaires sur les actions chimiques de la lumière* en *Bull. Soc. Chimique*, XIV, 470. París, 1912. (*D. ch. G.* XLV, 3426-3428).

(17) G. Ciamician y P. Silber, *Actions chimiques de la lumière*, en *Attis r. Accad. Lincei*, 1913. Solo entre las autoxidaciones citaré las siguientes: Manita + p. xyleno = Mannosa + CO_2; Glucosa + m. xyleno = Glucosona + CO_2; Glicerina + m. xyleno = Cuerpos reductores; Naftaleno + Tolueno = Acidos benzoico y phtálico.

(18) Gloede, *Influence de l'electricité sur la croissance des plantes*, en *R. G. S.* XXII, 941. París, 1911.

(19) J. Escard, *L'électricité et la végetation: l'électroculture*, en *R. G. S.* XXIV, 302-309. París, 1913.

(20) Daniel Berthelot, *Les effets chimiques des rayons ultraviolets*, en *R. G. S.* XXII, 322-332. París, 1911.

(21) D. Berthelot y H. Gaudechon, *Sur la longueur d'onde des radiations actives dans la synthèse photochimique*, en *C. R.* CLIV, 1803; CLV, 207. París, 1912.

rayos ultravioletas solares no pueden romper estos últimos cuerpos, aunque sí edificios moleculares como el CH_2O, debiendo considerarse la formación de hidratos de carbono en las plantas verdes como el proceso más importante de restauración de energía en la naturaleza.

Fácilmente se transparenta en estas observaciones y experiencias, la preocupación latente; y así lo comprueba Ranc (22) en su obra reciente y Spachr (23) en sus comunicaciones a las revistas de bioquímica. El primero nos proporciona algunos resultados experimentales de suma importancia para nuestro problema, al analizar los productos de la acción de los rayos UV sobre cuerpos como la glicerina, la levulosa y la sacarosa, tan directamente ligados a la función clorofílica:

$$C_3H_8O_3+UV \begin{cases} CH_2O \text{ ó } CO_2 \\ CH_2OH{=}CHOH{-}CHO+R{-}COOH+R{-}CHO \end{cases}$$

$$C_6H_{12}O_6+UV \longrightarrow CH_2O+CO \;\Big|\; CH_3OH \;\Big|\; CO_2+R{-}COOH$$

$$C_{12}H_{22}O_{11}+UV \longrightarrow nC_6H_{12}O_6 \longrightarrow CH_2O+CO+R{-}COOH+R{-}CHO$$

que claramente nos muestran los materiales de construcción de esas moléculas complejas y los lazos más o menos débiles que las sostienen, así como las fases de una probable marcha en sentido inverso. Y el segundo autor citado va más lejos, porque estudiando la acción de la luz y de las UV sobre los ácidos orgánicos en presencia de oxígeno permite establecer la ecuación:

$$R{-}COOH+O{=}CO_2+CH_2O+CH_2O_2+C_2H_4O_2.....$$

y llega hasta construir la molécula del ácido fórmico actuando sobre soluciones acuosas de anhidrido carbónico en presencia de hidrógeno.

Pero la escala de vibraciones es más rica todavía en el influjo solar, más extensa para nuestros medios ultrasensibles de observación en el laboratorio (24) y los experimentadores han buscado la influencia de los rayos extremos (25) com-

---

(22) Albert Ranc, *Contribution a l'étude des actions physiologiques de la lumière. Action des rayons UV sur les hydrates de carbone.* París, 1914.

(23) H. A. Spachr. *Sur les processus photochimiques de decarboxylation diurne chez les plantes grasses* (Biochem. Zeitschr. LVII, 95-111) en *Bull. Soc. Chimique,* XVIII, 665. Paris, 1915.

(24) Schumann y Lyman. *L'extension du spectre au delá de la región de Schumann* en *R. G. S.* XXVI, 493. París, 1915. En experiencias recientes, operando en el vacío con lentes de fluorina, el ultravioleta ha retrocedido hasta 1230 unidades Armstrong; Lyman trabajando en el vacío con resalto cóncavo y en hidrógeno a 2-3 mm. de presión, usando chispa fuerte en tubo de cuarzo, de eléctrodos de W, llega a 900 y con helio a 2-3 mm. alcanza a 600 unidades Armstrong.

(25) E. Miége y H. Coupé, *L'action favorisante des rayons* χ *sur les végétaux,* en *C. R.* Sesión de 27-VII-914.

probando un aumento de peso en el vegetal con pequeñas variantes de constitución atómica y de morfología o han pedido a las emanaciones complejas del radio y sus hermanas efectos nuevos, para deducir de ellos la participación que podría caber a formas de energía de ese género en la función capital cuyo misterio se pretende esclarecer. (26) (27) (28)

Producido el espectro visible y con dispositivos por demás ingeniosos, se ha experimentado en una región definida de aquél, más o menos completamente aislada; y los resultados lejos de ser concordantes llegan a ser contradictorios, pues mientras Timiriazeff atribuye al rojo el máximo de actividad, Engelman lo reparte entre el rojo y el azul. Klein lo sitúa en el rojo anaranjado, Danbing, Sachs y Pfeffer lo colocan en el amarillo, Reidemeister y Moreau en el azul violeta, Sennebier en el violeta, Dangeard entre las líneas B y C y Constantini pretende que cualquier región es indiferente. (29)

Sea como fuere, hay dos hechos que no admiten discusión: por una parte, que la suma de energía a disposición de la planta es enorme bajo el sol, aunque no utilice sino una pequeña parte (0.5 por ciento insolada y 2.7 en luz difusa) del total que se supone suficiente como calor para fundir una lámina de platino de $^1/_{500}$ mm. de espesor, si se evitasen las pérdidas por radiación y conductibilidad; y en segundo lugar, que la clorofila revistiendo al cloroleucito posee el poder de transformar radiaciones diferentes en vibraciones para su funcionamiento más útiles.

¿Y, qué es esta clorofila? ¿No se hallará en su composición o en su estructura molecular en último término, la solución tan buscada? Antes pudiera creerse; pero después de las preciosas investigaciones de Tsvett (30) y de Willstätter (31) con sus discípulos de la escuela de Zürich no debemos esperar demasiado en tal sentido. Hoy sabemos que el pigmento bruto arrastrado por el alcohol metílico o la acetona de concentración conveniente es una mezcla de especies químicas perfectamente definidas; y que en esa solución verde esmeralda por transparencia y rojiza por reflexión se hallan en estado de dilución extrema dos clorofilinas, cuatro xantofilas y una carotina, cuya composición centesimal ha sido fijada, cuya constitución se define cada vez con más exactitud (32) (33) y cuyo parentesco

---

(26) H. Molisch, *L'heliotropisme dans la lumière du Ra*, en *R. G. S.*, XXII, 350. París, 1911

(27) P. Becquerel, *La radioactivité dans ses rapports avec la biologie végétale*, en *R. G. S.*, XXIII, 576-585. París, 1912.

(28) W. H. Ross, *L'emploi des substances radioctives comme engrais*, en *Chem. News.* CXI, 233-235; 242-245. Londres, 1915.

(29) *La Nature*, núm. 2123. París, 1914.

(30) M. S. Tsvett, *L'état actual de nos connaissances sur la chimie de la chlorophylle*, en *R. G. S.*, XXIII, 141-148. París, 1912.

(31) R. Willstatter y A. Stoll, *Untersuchungen über Chlorophyll, Methoden und Ergebnisse*. Berlín, 1913.

(32) G. Pollacci y C. Oddo, *Influence du noyon pyrrolique sur la formation de la chlorophille*, en *Atti r. Accad. Lincei*, XXIV, 37-39; *Bull. Soc. Chimique XVIII*, 828. París, 1915.

(33) E. Manuelli, *Influence du phosphore et du magnésium sur la formation de la chlorophylle*, en *Atti r. Accad. Lincei*, XXIV, 755-760; *Bull. Soc. Chimique*, XVIII, 825. París, 1915.

con los pigmentos del glóbulo sanguíneo se destaca entre sus propiedades de mayores consecuencias. (34) (35) (36)

Con todos estos antecedentes, entremos ahora en el estudio de la función misma y nos sorprende desde el primer momento su extraordinaria sencillez aparente: un intercambio gaseoso a través de los estomas de las hojas, (37) que se reduce a entrada de anhidrido carbónico y salida de oxígeno, con fijación del carbono bajo forma orgánica. Mas el prodigio surge en cuanto se investiga como tal cosa se realiza, que serie de reacciones tiene lugar entre los estados inicial y final del sistema

$$nCO_2 + mH_2O \longrightarrow Cn\ (H_2O)m + O_2n$$

y cual es el papel desempeñado por la clorofila.

Sin llegar a suponer que ella no interviene en los fenómenos químicos por más que alguna vez Winogradsky (37) llegara a formar materia orgánica sin clorofila y con la intervención de la luz, no podemos dejar en el olvido las experiencias concluyentes de Loeb (38) y de Stoklasa, Sabor y Zdobnicky (39) (40). El primero aprovecha como fuente de energía el efluvio y consigue formar la molécula de metanal sirviéndose de un cuerpo oxigenable como el aldehido salicílico, el ácido pirogálico o aun clorofila; y aún va más lejos, porque con la misma descarga silenciosa sobre los gases CO, H y vapor de agua puede comprobar la formación de CH_2O_2, CH_2O y aún de $CH_2OH—CHO$, aldehido glicólico, que por evaporación o desecación en el vacío, llega a condensarse en una molécula de tetrosa o de hexosa. Y los segundos, con los rayos UV como fuerza, actuando

---

(34) F. Pechoutre, *Revue annuelle de Botanique* en *R. G. S.*, XV, 859-874. París, 1904. Contiene los resultados de los estudios de Marchlewski, Nencki, Zaleski y Sieber-Schumoff.

(35) G. Gola, *Sur la presènce dans les plantes de composés hematöides de fer.* en *Bull Societé Chimique, XX; Atti r. Accad. Lincei,* XXIV. Roma, 1916.

(36) G. André, *Les rélations entre la présence du Mg dans les feuilles et la fonction d'assimilation,* en *Bull. Societé Chimique* XIX, 162. París, 1916.

(37) Esto no significa desconocer la entrada de CO_2 por las raíces o de otras formas de C como lo prueban las experiencias de Laurent, Mazé y Perier con azúcares y glicerina y de Lefévre con cuerpos amidados.

(37) Louis Olivier, *La synthése de la matière organique sans chlorophyle,* en R. G. S. I., 299. París, 143.

(38) Walther Loeb, *Kohlensäureassimilation,* en *Londw. Jahrb.* XXXV, 541. Berlín, 1906. Este autor resume las ecuaciones probables del fenomenismo así:

a) $2CO_2 = 2CO + O_2$
b) $CO + H_2O = CO_2 + H_2$
c) $CO + H_2 = CH_2O$
d) $CO + H_2O = CH_2O_2$
e) $3O_2 = 2O_3$
f) $2H_2 + 2O_3 = 2H_2O_2 + O_2$

(39) J. Stoklasa y W. Zdobnicky, *Einwirkung der ultravioletten Strahlen auf Wasserdampf und CO_2* en *Biochem. Zeitschrift,* XXX, 433. Berlín, 1911.

(40) J. Stoklasa, J. Sabor y W. Zdobincky, *Synthèse photochimique des hydrates de carbone* en *Bull. Soc. Chimique* XIV, 525; (*Biochem. Zeitschr.* XLI, 333-372). París, 1912.

sobre mezclas gaseosas de CO_2 e H naciente en presencia de K(OH) o sobre aldehido fórmico con óxido férrico como catalizador alcanzan a caracterizar un azúcar ($C_6H_{12}O_6$) de propiedades definidas.

Pero todas estas tentativas de laboratorio, si bien pueden contribuir a explicar el probable mecanismo de la función fotosintética, no logran aclarar por completo el problema que desde Boussingault (4) hasta Sernagiotto y Ewait en orden cronológico se ha planteado y creído resolver.

Proponía Boussingault admitir la disociación de las moléculas CO_2 y H_2O en las hojas y atribuir a la clorofila la acción constructiva de soldar los productos de dicha disociación:

a) $CO_2 = CO + O$
b) $H_2O = H_2 + O$
c) $n(CO + H_2) = Cn\ H_2n\ On$

y justo es admirar la clarividencia del sabio después de haber comprobado Berthelot, Dehéraine y Maquenne que esas reacciones son posibles a la temperatura ordinaria, a baja presión y con efluvios y haber llegado Thévard a edificar con esa forma de energía una *substancia combustible.*

La hipótesis de Liebig (7) quiere evitar las objeciones de los que no admiten fenómenos de disociación demasiado exigentes de energía, y propone la unión de CO_2 y H_2O, dando cuerpos ácidos en presencia del pigmento que se desdoblarían y complicarían en reacciones secundarias:

a) $8CO_2 + 6H_2O = 2C_4H_6O_6 + 5O_2$
Aci. tártrico
b) $2C_4H_6O_6 = C_6H_{12}O_6 + 2CO_2 + O_2$

racional sin duda, porque esas funciones ácidas no son escasas en los jugos celulares y porque la segunda ecuación vincularía el proceso fotosintético con una de las fases del fenómeno respiratorio interpretado por Borodin.

Baeyer inicia la serie de teorías que ven en el metanal el primer eslabón de la cadena de los compuestos sintéticos engendrados en las hojas; su mecanismo no puede ser más sencillo.

$$CO_2 + H_2O = CH_2O + O_2$$

la clorofila encargándose de soldar los elementos. Y su sencillez se impone de tal modo, que vence hasta las resistencias levantadas por la suposición de CH_2O

(7) J. R. Carracido, *loc. cit.*, 146.

existiendo libre en los tejidos, sin comprobación experimental, aunque el alcohol metílico y el ácido fórmico no pudiesen negarse y con ellos se adivinase el proceso de transformación:

$$CH_3.OH \longleftarrow H_2 + CH_2O + O \longrightarrow CH_2O_2$$

El mismo Gautier (6) insiste en el fenómeno de reducción cumplido por la clorofila y dando el aldehido fórmico como primer cuerpo sintético, cuando llamando ℳ al pigmento, representa así la función:

$$a)\quad H_2O + ℳ = ℳH_2 + O$$
$$b)\quad CO_2 + ℳH_2 = CH_2O + O$$

Y su persistencia, justificada por su alta personalidad, halló muy pronto la consagración de la experiencia, cuando Pollacci (41) comprobó por destilación de hojas frescas insoladas la presencia de un cuerpo reductor en el líquido recogido, que daba la reacción de Schiff y teñía de violeta el sulfato de codeina; cuando Bokorny y Loew observaban algas capaces de formar almidón alimentadas con CH_2O o con sus compuestos como el metanol sulfitosódico $\left(CH_2 < \begin{matrix} OH \\ SO_3Na \end{matrix}\right)$; y en fin cuando Bonillac comprobó efectos benéficos para la mostaza en líquidos nutritivos adicionados del mismo cuerpo.

Actualmente no puede negarse la existencia del metanol en los jugos celulares: Curtins y Franjeu (42) lo han comprobado, Kleinstuck (43) lo afirma con su autoridad y Angélico y Catalano (44) lo han demostrado con reacciones originales de una sensibilidad inimaginable.

La explicación de Bach (44) supone también ese aldehido como primer compuesto, pero según un proceso nuevo. En efecto, aprovechando la transformación del ácido sulfuroso observada por Loew por efecto de la radiación solar:

$$a)\quad 3H_2SO_3 = 2H_2SO_4 + (S + H_2O)$$

supone que el CO_2 o su ácido derivado H_2CO_3 se descompone en forma análoga:

$$b)\quad 3H_2CO_3 = 2H_2CO_4 + (C + H_2O)$$

---

(41) L. Maquenne, *La synthése végétale des corps hydrocarbonés*, en *R. G. S.* XVI, 928-934. París, 1605.

(6) A. Gautier, loc. cit.

(41) L. Maquenne, loc. cit.

(42) T. Curtins y H. Franjeu, *Ber. d'Deutschen chem. Gesselschaft.* XLV, 1715; *J. Liebig's Ann. der Chemie* CCCXC 89. Berlín, 1912.

(43) M. Kleinstuck, *Ber der D. chem. Gess.* XLV, 2902-2904. Berlín, 1912.

(44) *Moniteur Scientifique*, 669. París, 1893.

y si en el primer caso el sistema ($S+H_2O$) no reaccionaría, tratándose del sistema ($C+H_2O$) se admitiría la unión, originándose el CH_2O, en tanto que el ácido H_2CO_4 se desdoblaría en:

$$c) \quad 2H_2CO_4 = 2CO_2 + 2H_2O_2$$

y después daría oxígeno en libertad:

$$d) \quad 2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

Modificando las ecuaciones, atendiendo a la fórmula admitida hoy para el ácido percarbónico, serían corregidas

$$b) \quad 5H_2CO_3 = 2H_2C_2O_6 + (C + H_2O) + 2H_2O$$
$$c) \quad C_2O_6H_2 = 2CO_2 + H_2O_2$$

sin disminuir el mérito de la hipótesis, no completamente comprobada por su autor *in vitro*, a pesar de sus esfuerzos.

Pero en cualquier caso, vemos que el papel de la clorofila no queda definido netamente, sino en la teoría del profesor Gautier; y debemos llegar a Friedel (45) y Macchiati (46) para ver aparecer las hipótesis de una acción diastásica, adoptanto la idea enunciada por Baranetsky de la participación real de las enzymas en fotosíntesis. Para Friedel es una enzyma que extrae de las hojas con agua glicerinada y aisla con bencina, el agente fotosintético que puede actuar fuera de la substancia viva, reservando a la clorofila el papel secundario de un sensibilizador químico. Y Macchiati repite y perfecciona las experiencias de Friedel y comprueba la afirmación de éste, sirviéndole de apoyo en cuanto al carácter de sensibilizador del pigmento se refiere, la fluorescencia peculiar de la clorofila, observada por E. Becquerel y Timiriazeff y la teoría de este último enunciada desde 1875.

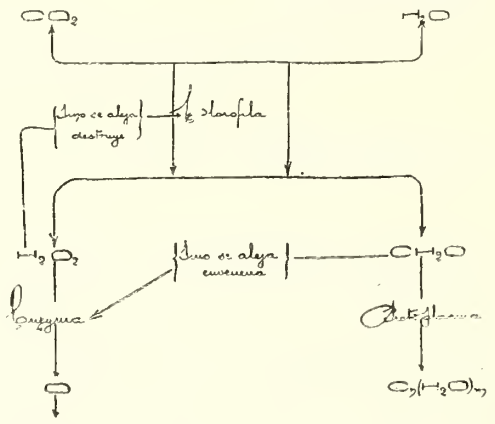
Para Timiriazeff la clorofila es un sensibilizador óptico, dando a este término el valor que Vogel atribuye a este género de substancias y más todavía, el carácter que Abney les reserva como pigmentos efímeros que la luz destruye. La clorofila transformaría la vibración solar en radiaciones comprendidas por su longitud de onda entre las rayas B y C del espectro y no olvidemos que ellas se admitían como las más eficaces en la asimilación clorofílica.

Desde ese momento la cuestión se bifurca, ora se siga al CO_2 en su camino, o ya se observe a la clorofila ante las radiaciones, filtrando, seleccionando y transformando energía, sin entrar de otro modo en las reacciones.

---

(45) J. Friedel, *C. R.* CXXXII, 1138-1141. París, 1901.
(46) L. Macchiati, *Bull. Soc. Bot. Ital.; C. R.* CXXXV, 1128-1129. París, 1903.

En este estado se encontraba el problema cuando Usher y Priesttey (47) presentaron a la Sociedad Real de Londres su teoría tan nueva como racional, poniendo en juego para la fotosíntesis la presencia de clorofila, la acción particular de una enzyma catalizante y la vitalidad del protoplasma. Según estos autores la función de asimilación clorofílica estaría representada por el esquema siguiente:



estableciendo además que:

1.° La fotolisis del CO_2 puede realizarse fuera del vegetal en ausencia de clorofila, con tal que uno de los productos de descomposición sea alejado del sistema;

2.° Los productos normales de la fotolisis son H_2O_2 y CH_2O, pudiendo también formarse CH_2O_2;

3.° En la planta el H_2O_2 se desdobla por una enzyma catalizante;

4.° La condensación del CH_2O depende de la vitalidad del protoplasma.

La clorofila tiene en todos estos cambios el papel único de sensibilizador óptico y es Schryver (50) quien abandona ese camino para atribuirle un papel químico más activo y directo, pero no ya como Gautier sobre el agua reduciéndola, sino sobre el aldehido fórmico engendrado. Schryver supone que el CH_2O se combina con la clorofila, hidrolizándose lentamente y no quedando en libertad sino dosis no tóxicas, suficientes, sin embargo, para dar reacción positiva con la mezcla por él ideada ($C_6H_5.NH.NHClH+K_3Cy_8Fe+HCl$) que en presencia de CH_2O diluído en la proporción $\frac{1}{1000000}$ engendra coloración rojiza.

La divergencia se acentúa más y más entre los sabios que actualmente abordan el problema: Tsvett (30) explica el fenómeno fotosintético, apoyado en sus estu-

---

(47) F. L. Usher y J. H. Priesttey, *Proc. Royal Society* (Sesión de 18-1-906). Londres, 1906

(50) S. B. Schryver, *Proc. Royal Society* (Sesión de 27-1-910). Londres, 1910.

(50) M. S. Tsvett, *loc. cit.*

dios preciosos sobre la composición química del pigmento, admitiendo que las clorofilinas α y β (componentes principales de la clorofila) bajo el influjo de las radiaciones sufren transformaciones reversibles (tautómeras) irradiando luz fosforescente o fluorescente roja: el ácido carbónico (CO_3H_2) o sus iones, circulando entre los gránulos de clorofila se descompondrían por la radiación intensa que los envuelve y nuevas combinaciones atómicas se construirían, en tanto que el protoplasma seleccionaría, destruiría y elevaría por rupturas contínuas del equilibrio químico.

Por el contrario, Grignard (51) busca en la actividad química del pigmento el secreto de su poder y, aprovechando la observación de Willstätter que señala una riqueza casi constante en magnesio para las clorofilinas, supone que deben formarse combinaciones órganomagnesianas y por tanto que la función clorofílica no sería sino una reacción de Grignard, destacándose en la materia viva dos ciclos; el oxidante por el hierro y el de síntesis por el magnesio.

Y en el mismo año Moore y Webster vuelven a entronizar la teoría de los sensibilizadores, estudiando la síntesis por la luz solar en sus relaciones con la vida y la formación de aldehido fórmico a partir del sistema CO_2+H_2O por la acción de los coloides orgánicos capaces de transformar la energía luminosa (52), mientras Nicloux (53) hace la revisión de la teoría química de Baeyer y reemplaza la fórmula fundamental de éste por la ecuación

$$CO_2+2H_2O=CH_3OH+O_3$$

presentando hechos, datos experimentales en apoyo de su doctrina, ante la Sociedad Química de Francia.

En 1914, Sernagiotto (54) propuso por su parte una modificación profunda a la misma fórmula, de acuerdo con la cual, no sería el metanal el primer cuerpo engendrado por fotosíntesis, ni el ácido fórmico, ni el alcohol metílico, sino un núcleo especial bivalente de actividad extraordinaria

$$CO_2+H_2O=CH.OH+O_2$$

que podría condensarse. Y así, seis de estos núcleos oximetilénicos soldados en cadena cerrada darían un cuerpo como la inosita

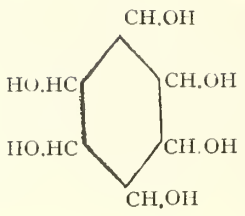
---

(51) V. Grignard, *Le magnésium en chimie organique* (Conferencia dada en la Sociedad Química de Francia) en *Bull. Soc. Chimique*, XIII, 512 y siguientes. París, 1913.

(52) B. Moore y T. A. Webster, *Proc. Royal Society* (B.) LXXXVII, 163-177. Londres, 1913

(53) Maurice Nicloux, *L'alcool methylique des feuilles et l'assimilation chlorophylienne*, en *Bull. Soc. Chimique*, XIII, 770. París, 1913.

(54) E. Sernagiotto, *Sur le processus photosynthétique des plantes vertes, Garz. Chim. ital.* XLIV, 628-632. Roma, 1914.



cuya armadura podría abrirse y con emigración de un átomo de hidrógeno quedaría construído un azúcar del grupo de las hexosas

$$CH_2OH—(CHOH)_4—CHO$$

o también por hidratación, rompiéndose la cadena, dar el cuerpo intermedio

$$CH_2OH—(CHOH)_4—CH \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}$$

que deshidratado después, produciría el azúcar

$$CH_2OH—(CHOH)_4—CHO$$

punto de partida para moléculas más complicadas por condensación y deshidratación en procesos semejantes a los estudiados por Boysen-Jensen (55) con el auxilio de las diastasas o degradándose y sufriendo oxidaciones para dar los ácidos vegetales de cadenas más simples y de funciones múltiples, en los fenómenos de respiración general.

El químico inglés Ewart (56) es el último que se ha ocupado del mecanismo de la función clorofílica con toda amplitud e insiste en afirmar que en todos los casos la asimilación de CO_2 comporta una serie de reacciones reversibles, donde la clorofila (clorofilinas α y β) y la xantofila desempeñan un papel directo de carácter químico. Sostiene Ewart que:

1.° En la fotoxidación de la clorofila, xantofilas y carotina no se produce ningún cuerpo peroxidado:

2.° La clorofila y la xantofila se descomponen durante la fotoxidación produciendo sólidos y gases: los sólidos serían materias cerosas incoloras y hexosas; los gases metanal y otros más simples;

---

(55) P. Boysen-Jensen, *Les processus synthétiques dans les plantes* (*Biochem-Zeitschr.* XL, 420-440) en *Bull. Société Chimique*, XIV, 332. París, 1912.

(56) A. J. Ewart, *Sur la fonction de la chlorophylle* (*Royal Society*, 16-11-915); *R. G. S.* XXVI, 290; *Bull. Soc. Chimique*, XVIII, 722-723. París, 1915.

3.° El CO_2 se combina con la clorofila dando xantofila y una cera incolora, en presencia de agua y la luz acelera la reacción. Es posible que en este cambio, una parte del oxígeno libertado oxide la xantofila en la luz, dando aldehido (CH_2O), hexosas ($C_6H_{12}O_6$) y fitilo o fitol ($C_{20}H_{38}OH$), el cual volvería a entrar en el grupo tricarboxilico clorofiliano.

El exámen de esta última hipótesis y la previsión que Timiriazeff tuviera en su célebre conferencia ante la Real Sociedad de Londres, cuando predijo que se hallarían substancias en el pigmento de las hojas capaces de combinarse con el anhidrido carbónico como la hemoglobina lo hacía con el oxígeno, me han inducido a proponer una modificación a la teoría de Ewart, sin pretender de mi parte originalidad alguna.

Observando la composición de las clorofilinas α y β (o clorofilas a y b de Willstätter), revelada por su fórmula bruta:

$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
Clorofilina α	Clorofilina β

se nota en la primera una molécula de hidrógeno (H_2) más y un átomo de oxígeno menos (O) respecto de la segunda, como única diferencia; y, suponiendo como debemos suponer que son estas dos substancias las más activas en la función de asimilación (57) aparece como probable una relación íntima entre la diferencia apuntada y su capacidad funcional.

Si ponemos el anhidrido carbónico en presencia de la clorofilina α tendremos la ecuación:

a) $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg + CO_2 = CH_2O + C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$

Clorofilina α + Anhidrido carbónico — Metanol + Clorofilina β

y esta clorofilina β por simple hidratación regeneraría la primera:

b) $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg + H_2O = O_2 + C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$

Clorofilina β + Agua — Oxígeno + Clorofilina α

quedando en libertad una molécula de oxígeno.

Reducidas estas ecuaciones hipotéticas, tendríamos esquemáticamente.

---

(57) A. von Richter, *Pigmentation et assimilation des plantes (Ber. d. deutsch. bot. Gess)*, en *La Nature*, núm. 2136. París, 1914.

$$\alpha + CO_2 = CH_2O + \beta$$
$$\beta + H_2O = O_2 + \alpha$$

apareciendo las dos clorofilinas como formas entre las cuales oscila un mismo compuesto, íntimamente ligadas y de tal modo dependientes entre sí, que sus proporciones permanecen invariables y buscando una imagen bien podrían compararse con cangilones de noria vacíos o llenos que rodasen sin cesar de uno a otro estado, conservando sus proporciones y extrayendo la materia de la atmósfera y la energía del sol.

Y si aún quisiéramos seguir al metanal (CH_2O) en sus primeras transformaciones, la composición de las clorofilinas nos brinda una interpretación plausible. Admitiendo un proceso de hidratación, realizado sobre los sistemas metanal+clorofilina α y β:

a) $\alpha + CH_2O + H_2O = CH_3.OH + H_2 + \beta$

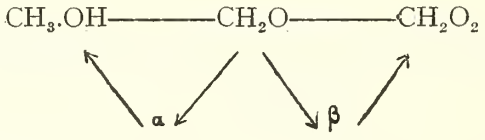
Clorofilina + Metanol + Agua Metanol + Hidrógeno + Clorofilina β

b) $\beta + CH_2O + H_2O = CH_2O_2 + O + \alpha$

Clorofilina + Metanal + Agua Ácido fórmico + Oxígeno + Clorofilina

mostrando también aquí las clorofilinas su mutua dependencia y conservando su propio carácter oxidante en cierto modo para la β y reductor para la α.

Seguir ahora esa molécula de metanal o sus derivados inmediatos metanol y metanoico, entre los cuales oscila tan fácilmente.



a través de los senderos obscuros y tortuosos de la síntesis vegetal, es tarea tan difícil como atrayente, pero nos llevaría muy lejos del problema planteado y cuyas soluciones más o menos plausibles hemos estudiado hasta aquí.

Detengamos en este punto nuestros pasos, que el misterio palpita por igual en el mundo invisible, ínfimo y despreciable de un átomo de carbono que en el edificio complicado de una molécula de albúmina vegetal donde esos mismos átomos se enlazan y se enmarañan en cadenas lineales, arborescentes y tal vez cerradas. (58)

(58) Pictet cree que éstas últimas no se hallarían en el vegetal vivo, produciéndose en las albúminas al morir éste. A. Pictet, *La structure moléculaire et la vie, en Archives des sciences physiques et naturelles*, XL, 181. Ginebre, 1915.

Ante ese cúmulo de hipótesis, de ensayos, de interpretaciones y de teorías, tentado se siente el ánimo de repetir la frase amarga de Duclaux, confesando nuestra ignorancia, y seguir contemplando el rayo de sol embotellado de Timiriazeff; pero si pensamos que el mismo aire atmosférico no ha sido bien conocido hasta las postrimerías del siglo XIX y que la radiación solar como madeja complicadísima de hebras multicolores no ha sido completamente devanada todavía, fácil es pensar que la solución definitiva del problema será el triunfo próximo de los bioquímicos, dominadores de formas de energía tan fecundas como los rayos ultravioletas y de aspectos de la materia tan curiosos como los fermentos solubles.

Entre tanto, seguirán los prados y las selvas con sus esmeraldas microscópicas tejiendo la trama sútil de la materia viva con el aire azul, ante la mirada indiferente de las bestias y el asombro consciente de los hombres.

Museo de La Plata, noviembre, 1916.

PRESENTED
18 JUL. 1918
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

18 JUL. 1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 18

CATALOGO PROVISIONAL DE TERREMOTOS CATALANES OCURRIDOS EN LOS SIGLOS XVIII Y XIX

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

Publicado en mayo de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 18

CATALOGO PROVISIONAL DE TERREMOTOS CATALANES OCURRIDOS EN LOS SIGLOS XVIII Y XIX

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

BRITISH MUSEUM NATURAL HIST

Publicado en mayo de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

CATALOGO PROVISIONAL DE TERREMOTOS CATALANES OCURRIDOS EN LOS SIGLOS XVIII Y XIX

por el académico numerario

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Sesión del día 24 de febrero de 1917

El núcleo o punto de partida de las estadísticas sismológicas de Cataluña conviene tomarlo hoy día en el catálogo formado por el P. Navarro Neumann para el N. E. de España y publicado en el núm. 8 (vol. XIII) de las Memorias de esta Academia. No obstante, figurando en el mismo algunos datos que el propio autor considera necesitados de comprobación, en especial en el período de los dos últimos siglos, he creído que podría ser de utilidad una revisión de la estadística del distinguido Director de la Estación sismológica de Cartuja en lo que a Cataluña se refiere, contando con la ventaja de nuestra proximidad a las fuentes naturales de información histórica y sacando partido de los datos documentales que llevo reunidos.

En esta nota limitaré la relación a los sismos catalanes de los siglos XVIII y XIX que han llegado a mi conocimiento, considerándola como un simple intercalado en el catálogo principal del sismólogo granadino, antes citado. En la serie que sigue, todos los sismos son de epicentro local o inmediatamente fronterizo, con excepción del bien conocido de Lisboa, que no se ha omitido por haber repercutido sus manifestaciones en casi toda Cataluña y aún en las Baleares.

Por su intensidad y área de acción, son notables el de epicentro probablemente marino de agosto de 1798, con el que guardan tal vez relación los movimientos de la costa catalana ocurridos en 1914 y 1916; el del 3 de octubre de 1845 con sus réplicas; el del 6 de enero de 1853, que aún en la actualidad repercute, y el de 5 de diciembre de 1855.

Entre las fuentes de información de que más datos he sacado, he de citar principalmente el memorable trabajo que presentó a esta Academia en 20 de diciembre de 1883 el doctor Texidor y Cos, las estadísticas anuales publicadas desde dicho año hasta 1888 por Detaille, y los *Comptes Rendus* de la Academia de Ciencias de París. Igualmente me han sido útiles los datos que ha tenido la bondad de facilitarme el señor Almeda, archivero de Gerona. En el centenario *Diario de Barcelona* y en otros periódicos locales he podido cotejar citas que permiten corregir algunas fechas del catálogo de Milne, y encontrar noticias acerca de otros temblores de tierra no catalogados hasta ahora.

Espero que esta recopilación pueda ser útil a la Sismología de nuestro país y ayude a ir completando el conocimiento de los movimientos de la tierra que pisamos.

LISTA DE TEMBLORES DE TIERRA CATALANES EN LOS SIGLOS XVIII Y XIX, POR ORDEN CRONOLÓGICO

(Las intensidades se refieren a la escala de Mercalli)

Temblor del 6 de enero de 1703, de 7 h. a 8 h.—Lo cita el Dr. M. Faura sacándolo del Boletín de la "Société Agricole, Sc. et Litt. des Pyr. Orient." y atribuyéndole el grado IV M. en Barcelona.

Temblor de los días 1.º y 4 de noviembre de 1753.—Fué sentido en Gerona, y se le cita como muy ligero en el Manual de Acuerdos del Ayuntamiento de aquella ciudad, fol. 286, según nota que me ha facilitado el señor Almeda.

Terremoto de Lisboa de 1.º de noviembre de 1755.—Aún cuando ha de considerarse este temblor como completamente extraño al geodinamismo de Cataluña, no puede dejarse de mencionar, por haberse sentido en este país la repercusión de la tremenda catástrofe. Para la descripción del fenómeno principal, lo mejor es remitirnos a los pacientes trabajos del señor Pereira de Sousa, publicados por la Comisión del Mapa geológico de Portugal. Entre los fenómenos locales interesantes, pueden citarse los ocurridos en algunas fuentes de nuestras comarcas. Texidor cita una nota consignada en el archivo parroquial de Monistrol de Montserrat, según la cual la *Font mentirosa* de aquel término, "el año del terremoto de Portugal, con motivo del referido temblor, sacó el agua colorada, y en lo demás siempre clara como cristal". También durante el fenómeno se interrumpió la fuente termal de Caldas de Malavella, según puede verse en documentos que cita don Luis Mariano Vidal en su Memoria "Aguas termales de Caldas de Malavella".

Este enturbiamiento de las aguas por efecto del terremoto de Lisboa parece haber sido muy general en Cataluña y en el Mediodía de Francia; una nota del señor Vizconde de Bonald en *La Revue du Ciel* hace constar igual fenómeno en las aguas del Tarn; la fuente de Riou-Ferrand, junto al río Dourbie, "llegó a parecer de sangre". En Milhau y en todo el Aveyron ocurrió lo propio.

Temblor del 2 de febrero de 1798.—Fué perceptible en Gerona según consta en el fol. 105 del libro de acuerdos de aquel Ayuntamiento.

Temblor del 11 de agosto de 1798 por la tarde.—Varias sacudidas en Caldas de Malavella, con réplicas hasta octubre, alterándose el régimen de las aguas minerales. Véase la citada Memoria de don Luis Mariano Vidal.

Temblor del 12 de agosto de 1798, a las 14 h. 51 m.; réplicas el día siguiente a las 23 h. 10 m. y el día 14 a las 24.—Bolós lo cita como sentido en Olot, y también consta, como sentido en Gerona, en los archivos municipales de esta última ciudad. La sacudida fué especialmente fuerte en la costa de la provincia de Gerona (grado VI?), citándose el hecho en Malgrat y otras poblaciones. Bolós cree que fué "muy distante, y seguramente por debajo de los mares". En Caldas de Malavella está citado este temblor y sus réplicas (véase Vidal, op. cit.)

Temblor del 31 de marzo de 1843.—Sentido en Bagnères, con pánico general (Nota de Perrey a la Acad. de Ciencias de París. Comptes Rendus, XVIII, 393).

Temblor del 3 de octubre de 1845 y réplicas durante 15 días.—El P. Navarro lo da con fecha 7 de octubre, tomándolo de Milne. El terremoto fuerte de Tivisa fué el día 3, pero se siguieron las réplicas muchos días; la intensidad de la primera sacudida puede evaluarse en grado VI-VII de Mercalli. En Falset el día 5 habían ya sentido cinco sacudidas fuertes. En Barcelona fué más sensible la réplica del día 7. En un libro familiar de anotaciones que conserva el doctor Jardí, se corrobora la fecha del día 3 para el temblor principal de Tivisa, de donde es oriunda su familia.

Temblor del 20 de enero de 1852, a las 21 h., y réplica más importante el 25 a las 10 h. 20 m.—Fué sentido especialmente en San Juan de las Abadesas; probablemente de grado V-VI. Sentida también la réplica en Olot (Diario de Barcelona).

Temblor del 29 de enero de 1852, a las 14 h. 15 m.—De grado V-VI en San Juan de las Abadesas. Hipocentro probablemente profundo. Sentido en todo el partido de Olot. De grado III en Barcelona. (Diario de Barcelona).

Temblor del 22 de febrero de 1852, a las 4 h. 53 m.—De grado V en Cervera. (Diario de Barcelona).

Temblor del 6 de enero de 1853 a las 7 h. 10 m.—Con toda seguridad el temblor que el P. Navarro da como ocurrido en Barcelona el 27 de enero, tomándolo de Milne, y que el Director de la estación de Cartuja considera dudoso, debe referirse al día 6, pues no se encuentra dato alguno que concuerde con la fecha del sismólogo inglés. En cambio el del 6 fué notable por su extensión, hallándose datos acerca del mismo en *El Postillón,* de Gerona, el *Correo de Barcelona,* el *Diario de Villanueva* y el *Brusi.* El foco se halló, al parecer, en las cuencas del Pallars, habiéndose sentido la sacudida en varios puntos de Cataluña. En el epicentro el temblor debió ser de grado VII por lo menos. En los montes de Llesuy hubo grandes desprendimientos de rocas. He de hacer especial mención de este

temblor, por ser una nueva demostración de la existencia de un hipocentro catalán muy importante y tal vez profundo en las cercanías del Noguera-Pallaresa, de cuyas manifestaciones figuran datos actuales interesantes en el Boletín sismológico mensual del Observatorio Fabra.

Temblor del 20 de julio de 1854.—Este sismo afectó a una zona muy amplia de la región pirenáica. Se encuentran numerosos datos acerca de él en los Comptes Rendus, XXXIX, pág. 205 y siguientes.

Temblor del 5 de diciembre de 1855, a las 6 h. 45 m.—El P. Navarro lo toma de Milne con fecha 6 de diciembre como ocurrido en Barcelona y lo considera dudoso. La sacudida ocurrió el día y a la hora que encabeza este párrafo, y fué sentida con alguna intensidad en Balaguer, Cervera, Solsona e Igualada, y con menor fuerza en Villanueva y Barcelona. El epicentro, con toda probabilidad, radicó en la cuenca del río Sió, y la intensidad máxima parece haber sido VI-VII.

Temblor del 26 de noviembre de 1873.—El doctor Faura lo cita con fecha 6 de noviembre en su opúsculo "Sismología catalana", indicando la escasez de confirmación documental. El fenómeno ocurrió en la noche del 25 al 26, y fué sentido desde Tarragona hasta Toulouse. En los periódicos de Barcelona y del mediodía de Francia se da como hora del terremoto entre 4 y media y 5 de la mañana del día 26. En Barcelona se sintieron aquel mismo día algunas réplicas. Este sismo fué objeto de una comunicación del señor Leconte a la Academia de Ciencias de París (Comptes Rendus, LXXVII, pág. 1486).

Temblor del 7 de junio de 1875, a 21 h. 10 m.; réplica más débil a las 23 h. 10 m.—El P. Navarro lo toma de Milne, refiriéndolo a la fecha del 9 de junio, y lo considera dudoso. La fecha de Milne es errónea. El temblor fué sentido en toda la costa desde Tarragona hasta el Besós por lo menos. El *Times* debió confundir la fecha del temblor con la de la comunicación de su corresponsal. Citado el fenómeno por el *Diario de Tarragona,* el *Diario de Villanueva* y el *Brusi.* Fué más intenso en la región marítima, y en particular en el bajo Llobregat, donde llegó al grado VI de Mercalli. Epicentro probablemente marino, muy cercano a la costa.

Temblores desde fines de junio de 1882 a fin del mismo año.—En la citada Memoria del doctor Texidor se citan estas sacudidas, que llegaron a 12 en un día, y que ocurrieron en Arbucias.

Temblor del 17 de agosto de 1883.—Ligero, sentido en Valls. Texidor lo cita, probablemente sacándolo de un artículo de Flammarion aparecido en "L'Astronomie" de aquel año, pág. 329.

Temblor del 28 de febrero de 1884, a las 6 h.—Sentido en Arbucias: ligero. Comunicación del doctor E. Vivas, citada por Texidor.

Temblor del 19 de abril de 1884, por la tarde.—Palamós y frontera francesa. Duración algunos segundos (Estadística de Detaille).

Temblor del 20 de abril de 1884, a las 3 h. 22 m.—Grado IV en Bagnères de Bigorre (Detaille).

Temblor del 23 de mayo de 1884.—Palamós y frontera francesa. Ligero (Detaille).

Temblor del 22 de abril de 1885 por la tarde.—Poltana (será Boltaña?) provincia de Huesca. Agrietamiento del suelo; emanación de gases (Detaille).

Temblor del 3 de junio de 1887.—La Sellera; sacudidas por la noche durante 2 segundos (Detaille). Es muy posible que haya alguna confusión de fechas y que esta cita corresponda al sismo siguiente.

Temblor de 27 de junio de 1887 a las 20 h. 20 m.—Grado IV en la Sellera, a juzgar por la observación del farmacéutico don Calixto Noguer. Emanación de gases calientes en un pozo de aquella población. (*La Lucha,* de Gerona).

Temblores del 25 y 28 de septiembre de 1887.—Fueron varios y se sintieron principalmente en Lloret y Tossa. Los más importantes fueron los del 25, entre 6 h. y 9 h., y el del 28, poco después de las 15 h. El epicentro parece haberse encontrado frente al Cabo de Tossa (Diario de Barcelona, pág. 11571 del año 1887).

La estadística de Detaille dice: "24 septembre 1887, Orlado près Barcelone". No conocemos tal localidad ni hemos hallado nada referente a esta fecha.

Temblor del 21-25 de abril de 1888 (fecha incierta).—Bagnères de Luchon, dos sacudidas a 2 h., con cinco minutos de intervalo (Detaille).

Temblor del 28 de abril de 1888 a las 4 h. 13 m.—En el archivo de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona figura una carta del maestro de la Colonia Serra (Alguaire, provincia de Lérida), don Jacinto Ferrer Ganduxer, participando que en aquella población se había sentido una sacudida sísmica, a la hora referida. De la descripción del fenómeno se deduce que la intensidad correspondió al grado IV M.

Temblor del 21 de enero de 1894 a las 7 h. 35 m.—Sentido en la Cerdaña; epicentro cercano a Bourg-Madame. Duración 4 segundos. (L'Astronomie, 1894).

Temblor del 20 de agosto de 1894.—Dos sacudidas sentidas desde el Cabo de Tossa al Cabo de Creus. (L'Astronomie, 1894, pág. 395).

Temblor del 25 de marzo de 1895.—Sacudida ligera en Bagnères de Bigorre. (Bull. Soc. Astron. de France, 1895, pág. 128).

Temblor del 23-24 de marzo de 1897.—En La Esparra, a 5 Km. al SSW de Santa Coloma de Farnés, se produjeron hundimientos y fallas de alguna importancia. Las trepidaciones duraron cinco o seis días. En Santa Coloma el temblor de tierra fué de grado IV-V. Estos datos me han sido facilitados por don Conrado Prat.

Para terminar, y sin que me conste para todos un orígen sísmico, no estará de más consignar algunos hundimientos y corrimientos de tierra importantes, algunos de los cuales han arrastrado consigo caseríos o poblados de alguna extensión:

8 de septiembe de 1845.—Tivisa.
3 de mayo de 1857.—Puigcercós.
16 de agosto de 1863.—Id.
16 de abril de 1865.—El Fené (Andorra).
13 de enero de 1881.—Puigcercós.
24 de septiembre de 1887.—Pey de Llató (Pont de Bar).

PRESENTED
18 JUL 1918
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 19

DE AGROLOGÍA

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS TIERRAS DE LABOR

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. CASIMIRO BRUGUÉS Y ESCUDER

Publicada en agosto de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 19

DE AGROLOGÍA

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS TIERRAS DE LABOR

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. CASIMIRO BRUGUÉS Y ESCUDER

Publicada en agosto de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

DE AGROLOGÍA

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA TIERRA DE LABOR

por el académico numerario

DR. D. CASIMIRO BRUGUÉS Y ESCUDER

Sesión del día 29 de marzo de 1917

SEÑORES ACADÉMICOS:

En esta tierra que indiferentes pisamos, nacen y se desarrollan las plantas que, directa o indirectamente, proporcionan al hombre su alimento desde largos siglos. Durante el invierno la semilla enterrada carece, al parecer, de vida. En realidad está sólo adormecida; la vida se halla tan amortiguada que apenas es perceptible. Tal estado de cosas dura más y más días; pero, llega un momento en que el ser dormido despierta. Se inicia en la semilla un cambio profundo; las substancias de reserva almacenadas en los cotiledones o en el albumen, principian a transformarse solubilizándose, se efectúan reacciones productoras de energía, las células crecen y se multiplican, y la planta embrionaria comienza a desarrollarse. En esta primera fase vive la planta de las materias que estaban protegidas por los tegumentos, sin utilizar las que el aire y la tierra de su alrededor contienen. Pero, al llegar a cierta época el pequeño tallo con sus diminutas hojas asoma fuera del suelo, aparece entonces el color verde que caracteriza la clorofila y la planta entra en la fase de vida independiente de las reservas que hasta este momento habían sido su única nutrición. Desde tal instante la planta vive acumulando continuamente energías hasta que ha terminado el ciclo de su evolución y sus tejidos se desintegran y descomponen. Las energías acumuladas se utilizan en muchas formas, a veces al cabo de muchísimos años de haber desaparecido la planta que las almacenara.

El misterioso despertar de la semilla requiere ciertas condiciones. Es necesario el concurso de la humedad, del oxígeno del aire y de una temperatura conveniente. Al parecer, desempeñan aquí un papel importantísimo las materias denominadas enzimas, de que os hablé otro día a propósito de la zimasa, cuya constitución sigue siendo desconocida, y cuyos efectos son tan variados como sorprendentes. La actividad de las enzimas sólo puede ejercerse entre ciertas temperaturas y se comprende, por lo tanto, que no se inicien los procesos químico-bio-

lógicos en la semilla más que cuando sus enzimas encuentren las condiciones apropiadas.

Cuando la plantita ha gastado todas o buena parte de sus propias reservas, y en las hojas se realiza la síntesis clorofiliana de los hidratos de carbono, las raíces toman de la tierra por vía osmótica las materias solubles necesarias para la vida vegetal; si no las encuentran, es decir, si la tierra no reune las condiciones debidas, la planta muere.

Siendo la vida de la planta indispensable para la vida de los pueblos, se comprende que para el hombre reviste extraordinaria importancia procurar que la tierra de labor tenga desde el primer momento las condiciones precisas para que la planta vegete normalmente, alcance su pleno desarrollo y dé abundantes cosechas. En realizar estas condiciones ha debido poner el hombre especial empeño, pues su falta representa la esterilidad del suelo y, cuando grandes extensiones son estériles, son también inhabitables o poco menos. Al principio el hombre hubo de proceder por vía experimental y a menudo empírica; pero, no por esto dejó de hacer grandes progresos en el cultivo, pagando siempre muy caros sus errores y sus desaciertos. Los adelantos de las ciencias físico-químicas y biológicas mejoraron mucho la situación y la agricultura entró en una fase científica en la que, sin despreciar los datos positivos acumulados por las anteriores generaciones, aprovechó el inmenso caudal de conocimientos adquiridos por los investigadores para mejorar e intensificar los cultivos antiguos y para implantar otros nuevos.

El estudio de la tierra de labor es ciertamente muy complicado, y la agrología a quien incumbe tal estudio es una ciencia aplicada que acude a todas las demás ciencias que necesita para progresar. El conocimiento de un suelo requiere saber sus cualidades químicas, biológicas, hidrológicas y físicas. Dada la complejidad de este estudio era preciso que las ciencias auxiliares adquiriesen un notable grado de avance para que se iniciara un progreso con bases verdaderamente sólidas. No es extraño, pues, que queden todavía por resolver gran número de problemas de alto interés agrológico, por más que hombres eminentes han trabajado incansables para aclararlos y han hallado la solución de otros de gran importancia práctica y teórica.

El estudio de las propiedades físicas de la tierra de labor ha llamado la atención de muchos investigadores. Se han hecho multitud de observaciones y de experimentos, se han buscado métodos para determinar las cualidades físicas de las tierras, se ha tratado de investigar su relación con la marcha del desarrollo de las plantas y con el aprovechamiento de las materias nutritivas contenidas en el suelo y en los abonos, etc. Tiempo atrás tuve el honor de leeros una breve Memoria sobre algunos ensayos relativos a las propiedades físicas de las tierras (1).

---

(1) *De agrología. Algunos ensayos de capilaridad, resistencia y evaporación del agua.*— Publicada en Junio de 1912.

hoy me atrevo a molestar vuestra atención disertando nuevamente sobre el mismo tema, con la esperanza de que vuestra buena voluntad perdonará mi insistencia y encontrará, tal vez interesantes, algunas de las consideraciones que voy a exponeros.

Mi Memoria anterior fué puramente de carácter experimental. Di cuenta en ella de los experimentos hechos y a continuación de cada serie de ensayos procuré resumir, sin comentarlos apenas, los resultados obtenidos, haciendo constar las dificultades con que tropecé y señalando las dudas que se me presentaban.

Expuse entonces los resultados de mis series de ensayos de resistencia (1). No me atreví a formular conclusiones, y me limité a exponer la manera de operar y los números que obtuve por término medio en cada caso. En ensayos de esta naturaleza, semejantes a los hechos hace tiempo por Schübler, las causas de error son numerosas. Con facilidad pueden formarse grietas en las barritas o en las bolas de las mezclas, ya por efecto de la desecación, ya también al moldearlas; así es que se encuentran grandes discordancias en los resultados. Por otra parte, el estado de comprensión de estas mezclas ha de ser muy diferente del que tienen las tierras en pleno campo. Tal vez, operando con cantidades mucho mayores se ganaría algo; pero, indudablemente, para juzgar el grado de cohesión de una tierra de labor, en un momento determinado y con un determinado grado de humedad, un método práctico consiste en el empleo de instrumentos de labranza, por ejemplo, arados, provistos de buenos dinamómetros. Operando en el campo y en grande escala se verá así en qué grado influyen los componentes de cada tierra y la humedad en cada caso particular.

Mis ensayos de laboratorio relativos a la evaporación (2) comprendían tres series. La primera era de ensayos comparativos de evaporación del agua en la arena, en la creta y en el caolín, durando los ensayos treinta días. Las diferencias en la evaporación fueron poco marcadas, si bien se nota que en el caolín la evaporación es algo más lenta que en la arena; en cambio, era marcadísima la formación de grietas en el caolín, mientras que en la arena no se formaba ninguna. La segunda serie comprendía ensayos de evaporación en dos tierras, de composición física conocida, durando también treinta días los ensayos. Las diferencias en la evaporación fueron asimismo pequeñas, notándose que en la tierra más arcillosa la evaporación era más lenta y que, al final retenía ésta algo más de agua que la otra. Los resultados de esta serie concuerdan, pues, en lo que a la arcilla se refiere, con los de la serie anterior. La tercera serie de ensayos, que duró unos dos meses, se refiere a una misma tierra, disgregada unas veces de vez en cuando para aumentar su superficie y conservada intacta otras, con el objeto de ver si, a causa de la disgregación, se notaban diferencias en la cantidad

(1) Mi Memoria citada. Cuadros 5.º, 6.º, 7.º, 8.º, 9.º, 10 y 11.

(2) Memoria citada. Cuadros 12.º, 16.º y 17.º

de agua evaporada. En realidad las diferencias observadas fueron insignificantes, lo que no es de extrañar porque se trabajaba con pequeñas cantidades de tierra y su profundidad era poco considerable. En la tierra de labor, en pleno campo, las diferencias son también pequeñas, en las mismas condiciones, cuando las tierras están impregnadas de agua al máximo y están extendidas en capas delgadas; en cambio, cuando la cantidad de agua en ellas contenida es relativamente escasa, aparecen algunas diferencias, notándose que una tierra arcillosa pierde menos agua que una tierra arenosa como en mis experimentos de evaporación. Además, la evaporación del agua depende de muchas otras circunstancias; influyen en ella la temperatura, la presión, el estado higrométrico del aire, la superficie de evaporación, la capilaridad de la tierra, etc. Para que el agua se evapore debe llegar a la superficie, y las variaciones de la capilaridad influirán forzosamente en el movimiento ascensional del agua que ha de preceder a la evaporación; interrumpiendo y dificultando la capilaridad, se paralizará o disminuirá el ascenso del agua, mientras que las labores que tienden a este fin disgregan la tierra y aumentan su superficie facilitando, por consiguiente, la evaporación del agua en la capa dividida, es decir, su desecación. Esta relación entre la evaporación del agua y la capilaridad ha de ser muy tenida en cuenta en el laboreo de las tierras. Otro factor importante es la higroscopicidad del suelo en la cual no pretendo ocuparme ahora.

He creído conveniente decir algo de mis anteriores ensayos relativos a la cohesión de las tierras y a la evaporación del agua en las mismas antes de ocuparme en los ensayos de capilaridad que he de tratar con mayor detenimiento (1). No he de volver a exponer el modo de operar; recordaré solamente que en mis ensayos procedí siempre por vía comparativa, empleando tubos de vidrio de 22 milímetros de ancho inmergidos por su extremo inferior en agua. En los experimentos de capilaridad a que me refiero se observa un hecho singular (2). Resultaba que, observando las alturas hasta donde llegaba el agua en cuatro tubos que contenían mezclas de arena de vidrieros y creta, en las cuales el tanto por ciento de creta era respectivamente de 1, 5, 10 y 15, al cabo de 4, 6, 24, 48 y 72 horas, se veía que al principio el aumento de la proporción de creta hacía disminuir el ascenso del agua, mientras que más tarde se invertían los términos, y que, cuanto más creta contenía la mezcla, a mayor altura llegaba el agua, es decir, más alta era la columna mojada. Al dar cuenta de este hecho, me limité a poner un corto comentario: "este hecho es ciertamente curioso y pone de manifiesto la complejidad de los fenómenos que han de ocurrir en las tierras".

Análogos resultados obtuve en otra serie de ensayos, hechos también con cuatro tubos y con mezclas iguales a los anteriores, observando las alturas de las

(1) Memoria citada. Cuadros 1.°, 2.°, 3.°, 14.° y 15.°

(2) Véanse en la Memoria citada los cuadros 2.° y 3.° de las páginas 6 y 7 y las observaciones que los acompañan.

columnas mojadas al cabo de 2, 12, 24, 48 y 72 horas. El comentario que puse a las observaciones fué el siguiente: "la inversión es manifiesta, a pesar de las irregularidades de la marcha del experimento".

Estos hechos me sorprendieron; pero, por una parte, la inversión no era del todo evidente y, además, las mediciones de las alturas a que llegaba sucesivamente el líquido presentan muchas dificultades de carácter experimental. Sobre todo perturba las observaciones la contracción que sufren las mezclas al mojarse, ya que esta contracción a menudo es causa de la rotura de las columnas capilares, con lo cual cesa por completo el ascenso si se llega a una completa división de una columna en dos. Además, no siempre es posible obtener una mezcla uniforme en toda la longitud del tubo, porque al llenarlo a menudo se destruye la uniformidad de la mezcla antes cuidadosamente preparada. Por otra parte, las diferentes mezclas estaban representadas por proporciones demasiado distantes unas de otras y el número de tubos empleados era demasiado pequeño. Añádase a todo esto que, en algunos tubos, el agua llegaba a la parte superior de la mezcla al cabo de pocas horas y entonces ya no era posible establecer comparaciones.

Deseoso de resolver las dudas que se me presentaban, me determiné a hacer una nueva serie de ensayos, usando dos de las substancias antes empleadas, la creta y la arena de vidrieros, en proporciones tales, que la creta fuese aumentando gradualmente desde 0 hasta 37 por 100. Con estas substancias llené catorce tubos (uno con arena sola y trece con mezclas), iguales a los que me sirvieron en los anteriores experimentos, y dispuestos de manera que la serie principiaba por un tubo lleno de arena sola, seguía un tubo que contenía un 1 por 100 de creta, al lado de éste había otro con 4 por 100, después un tercero con 7 por 100 y así sucesivamente, hasta el tubo décimo cuarto, que contenía una mezcla con 37 por 100 de creta. El orden de los tubos y sus contenidos respectivos eran pues, los siguientes:

Tubo N.°	1.	Arena sola
—	2.	1 por 100 de creta
—	3.	4 —
—	4.	7 —
—	5.	10 —
—	6.	13 —
—	7.	16 —
—	8.	19 —
—	9.	22 —
—	10.	25 —

Tubo N.º 11.	28 por 100	de creta
— 12.	31	—
— 13.	34	—
— 14.	37	—

Suprimí toda clase de indicador (fenolftaleina y sulfato de cobre empleados anteriormente), por no creer necesario su uso y para prescindir de materias extrañas, y procuré que cada mezcla fuese lo más uniforme posible y que, al llenar los tubos, no se alterase su composición. También cuidé de que el contenido de los tubos no estuviese más apretado en unos que en otros.

Por otra parte, me mandé hacer una cubeta de zinc con un tubito de salida del agua en la parte superior a fin de lograr un nivel constante, ya que, dejando entrar continuamente una pequeña cantidad de agua en la cubeta, el exceso salía y el nivel del líquido no sufría variación alguna, ni por la evaporación, ni a causa del agua que ascendía en los tubos, aun cuando quedara el aparato algunas horas sin que nadie lo cuidase.

Montado el aparato y bien sujetos los tubos, a fin de que ninguno de ellos bajase por su propio peso, di entrada al agua, principiando las observaciones, tomando nota de la altura a que iba llegando el agua sucesivamente en cada uno de los tubos, y observando también si se presentaba alguna rotura de columna, que impidiese el ascenso del agua, con el objeto de poner en seguida el debido correctivo, procurando volver a juntar las columnas rotas.

Los experimentos fueron hechos a la temperatura de unos 18° aproximadamente. Las medidas fueron tomadas al cabo de 1, 2, 4, 6, 12, 24 y 48 horas, representando en conjunto 98 observaciones, siendo relativamente pequeño el número de roturas de las columnas y rompiéndose uno de los tubos de vidrio al terminar los ensayos.

Los resultados obtenidos están representados en el siguiente cuadro. Los signos + al lado de los números indican rotura de columna y el signo ++ indica rotura del tubo.

Al cabo de cuarenta y ocho horas dí por terminada la serie de observaciones (1):

(1) En estos ensayos he contado con la inteligente colaboración del distinguido químico y farmacéutico don Miguel Baltá, cuyos servicios agradezco sinceramente.

Altura a que llega el agua en los tubos en el tiempo que se indica

TUBO	Creta p. 100	1 h.	2 h.	4 h.	6 h.	12 h.	24 h.	48 h.
		cm.	cm	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.
N.° 1	0	20	24	28	30	33	34	35
» 2	1	23,5	29	32	33	35,5	36,5	38,5
» 3	4	22	27,5	32,5	35,5	39,5	43	48
» 4	7	16	23	30	34	41	47,5	55
» 5	10	10,5	17,5	25	29,5	37,5	45,8	55,2
» 6	13	8	14,5	22,5	27,5	36,8	47	58,5
» 7	16	7,5	14	21	25,5	35	46	58,5
» 8	19	4	9,5	16,5	22	32,5	44,8	57,5
» 9	22	3	8,5	14,5	19	29	41,5	56,5
» 10	25	2	6,5	13	18	28,5	41,8+	59
» 11	28	1,8+	6	11,5	15,5	25	30,2+	54
» 12	31	1,8+	6	10,5+	16	25	30 +	++
» 13	34	1,5+	5	10,5+	15,5	23,5+	28,5+	52,5
» 14	37	1,5+	5,5	10,5	13 +	23,5+	31,5+	50,5

Durante el tiempo que continuaron los ensayos ya ví que mi sospecha relativa a la inversión de las alturas era comprobada por la experiencia. Las curvas que formaban los extremos de la región mojada del conjunto de las columnas iban cambiando sucesivamente. Al principio la curva era descendente de izquierda a derecha de una manera bien marcada; después, el aspecto era completamente distinto, y la parte derecha iba levantándose, subiendo más arriba que la izquierda.

Es fácil formarse una clara idea de los números encontrados y de la inversión que suponen por medio de los cuadros gráficos que acompañan a esta memoria. Estos gráficos representan los fenómenos observados y expresan mejor que el cuadro de observaciones numéricas la inversión de las alturas de las columnas expresadas en centímetros.

En las figs. 1.ª a 7.ª inclusive se ve bien el continuo cambio de las columnas mojadas y de su relativa altura. He de hacer notar que no es posible encontrar aquí una precisión absoluta, ni una marcada continuidad en las curvas, porque las condiciones de los experimentos no lo permiten; las dificultades con que tropieza el experimentador son considerables, como ya he dicho antes. De todas

maneras, esta serie de ensayos es una comprobación indiscutible de las observaciones hechas en mis anteriores ensayos y que me dieron a conocer la citada inversión.

Es muy posible que se obtuviesen resultados análogos con muchas otras mezclas, ya de substancias diferentes, como la arena de vidrieros y la creta, ya de una misma substancia en diversos estados de división, por ejemplo mezclas de partículas de dos milímetros de diámetro con partículas de medio milímetro, etcétera. El campo experimental es aquí muy vasto, por más que lo limite algo la longitud de los tubos de vidrio que, como se comprende, no pueden pasar de ciertas dimensiones.

Hechos ya los ensayos, y comprobada en el caso presente la sospechada inversión, he de confesar que, de momento, no encontré una explicación satisfactoria. Hasta pareció que los hechos estuviesen en contradicción con algunos de mis anteriores experimentos, por ejemplo los relativos a la disminución de la altura relativa a que llegaba el agua en una tierra muy arcillosa comparada con otra que lo era menos (1).

Cuando se hacen investigaciones experimentales y las observaciones pueden representarse por medio de números, las representaciones gráficas ayudan mucho a comprender el conjunto de los fenómenos y la marcha de los experimentos. En mi caso, los anteriores gráficos, aclaraban realmente los hechos, haciendo evidente la inversión, pero no la explicaban.

Por esto acudí a nuevos gráficos que representasen las observaciones de otra manera, es decir, que expresasen el movimiento ascensional del agua en los tubos aislados en vez de indicar el movimiento relativo en el conjunto de los tubos como en los cuadros gráficos anteriores. No creí necesario trazar un gráfico para cada uno de los catorce tubos, sino solamente tres, una para cada uno de los tubos extremos de la serie y un tercero para uno de los tubos intermedios, escogiendo así los tubos n.° 1, n.° 8 y n.° 14. El primero no contenía más que arena, el segundo una mezcla de arena con un 19 por 100 de creta y el tercero una mezcla de arena con un 37 por 100 de creta.

La fig. 8.ª representa las tres curvas obtenidas. La línea *contínua* corresponde a las alturas a que llegó el agua en el tubo n.° 1, que contenía sólo arena, al cabo de 1, 2, 4, 6, 12, 24 y 48 horas. La línea *de puntos* representa las alturas en el tubo que contenía arena con un 19 por 100 de creta, y la línea *de trazos y puntos* indica las alturas en el tubo n.° 14 que contenía arena con un 37 por 100 de creta.

Del examen de la fig. 8.ª se deduce que en el tubo n.° 1 el agua fué subiendo hasta al cabo de unas doce horas, llegando entonces aproximadamente a un límite máximo en las condiciones en que se hizo el experimento. No ocurrió lo mismo en los tubos n.° 8 y n.° 14, porque las representaciones gráficas indican que el movimiento ascensional continuó de una manera muy marcada desde el principio

(1) Memoria citada. Cuadro 4.°

hasta al cabo de las cuarenta y ocho horas en que el experimento tuvo que darse por terminado.

Comparando unos con otros todos los gráficos obtenidos, y tratando de buscar las causas de la inversión, creí que todo podría explicarse considerando que, en la subida del agua había que tener en cuenta, además del diámetro de los elementos capilares en las masas porosas que llenaban los tubos, la diferencia de velocidad en el ascenso, de que muchas veces se prescinde al describir tan interesantes fenómenos.

Esta diferencia en la velocidad de subida puede ponerse de manifiesto mediante tubos de vidrio de muy pequeño diámetro y tiñendo el agua con fucsina para que las columnas líquidas sean fácilmente visibles. Pueden prepararse tubos capilares de diferentes diámetros, desde un milímetro aproximadamente hasta una pequeña fracción de milímetro, calentando tubos de vidrio con la llama del mechero de Bunsen y estirándolos luego. Inmergiendo a la vez estos tubos capilares en una solución acuosa de fucsina, se observa que en los tubos muy delgados al principio no llega el líquido a tanta altura como en los más gruesos, pero al cabo de pocos minutos sube más allá que en los primeros. Cito este experimento, tan fácil de hacer, porque permite comprender claramente la diferencia de velocidad de subida de los líquidos, no sólo en los tubos capilares, sino también en las masas porosas, que pueden ser consideradas como reuniones de tubos capilares anastomosados.

Pues bien, a mi entender, en la arena el agua llega relativamente pronto a su máxima altura, mientras que en las mezclas contenidas en los demás tubos tarda mucho más. Si en un tubo, o en algunos de los tubos, el agua llega o se acerca mucho a su punto máximo de altura, la velocidad de subida queda reducida a cero o queda muy disminuida, mientras que en los demás tubos la velocidad sigue con pocas variaciones o, por lo menos, no pierde tanto; de aquí que, en los unos se detenga la subida y en los otros continúe el ascenso. Esta es mi interpretación de los hechos en que me acabo de ocupar.

No quiero deducir de mis experimentos y de mi explicación de los resultados obtenidos consecuencias demasiado generales, porque bien conozco los errores en que muchos incurren por generalizar demasiado. Operando con otras mezclas es posible, como he dicho antes, que se observen hechos semejantes; tal vez sea probable, pero no quiero asegurarlo, porque no tengo el convencimiento de ello. Conviene también fijarse en que, en los citados experimentos, es necesario cesar las observaciones cuando el agua deja de subir por llegar el líquido a la parte superior de la mezcla, y en las condiciones del experimento no se puede saber hasta qué altura podría subir.

En las alturas a que llega el agua en una masa porosa en un tiempo determinado influyen, además del tamaño de las partículas, muchas otras circunstancias, por ejemplo: la temperatura, la composición del agua, la naturaleza de las

materias en que ésta se mueve, etc. La acción del agua puede promover fenómenos físicos y químicos que dificulten o faciliten su ascenso; así la coagulación y la descoagulación de la arcilla y la absorción de algunas materias disueltas pueden influir mucho en la subida del agua, modificando notablemente su velocidad. Es indudable que en las tierras de labor han de ocurrir fenómenos relacionados con los que acabo de exponer, por más que su observación presente a menudo grandes dificultades.

En los ensayos de que he tratado hoy y en los reseñados en mi anterior trabajo no me he propuesto resolver ningún problema de carácter utilitario; he operado en las condiciones por mí elegidas, sólo con el objeto de observar los resultados de los experimentos y de coordinarlos entre sí. En la investigación científica existen dos caminos muy diferentes. El uno es de investigación pura, el otro es de investigación práctica. Tal vez alguien considerará que el primero no es más que perder tiempo. No lo creo así. Podrían compararse estos dos caminos de investigación con las plantas espontáneas y las plantas cultivadas. En el mundo existen unas y otras. Todas ellas contribuyen a mantener el equilibrio vital en el globo en que vivimos; todas ellas son útiles a la humanidad. Hasta las plantas más pequeñas producen a veces grandes efectos en la economía mundial. El carbón de nuestras minas, sin el cual no sabemos comprender hoy el funcionamiento de las modernas civilizaciones, no es más que el trabajo acumulado de millones de plantas espontáneas que vivieron en épocas remotas. También se acumula y almacena el trabajo de pura investigación científica. Un experimento al parecer inútil puede despertar al cabo de largos años nuevas investigaciones y contribuir al desarrollo de ideas de gran trascendencia en la humanidad. En el mundo de las ideas, como en el mundo material, nada se pierde. Además, si las plantas equilibran y embellecen la naturaleza, la investigación científica equilibra y ennoblece el espíritu y satisface sus ansias de descorrer, en la medida de sus fuerzas, el velo que recubre las inmensidades de lo desconocido a nuestra limitada inteligencia.

PRESENTADO

GRÁFICOS DE LAS ALTURAS A QUE LLEGA EL AGUA DESPUÉS DE:

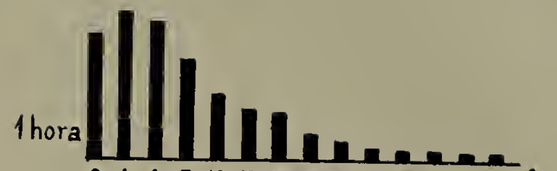


Fig. 1ª

Fig. 2ª

Fig 3ª

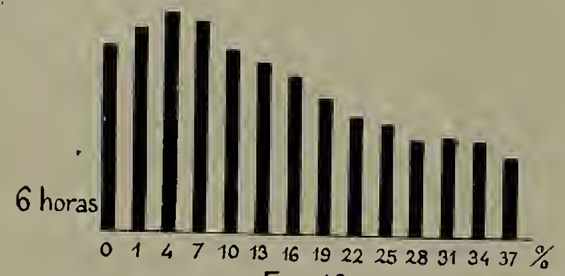


Fig. 4ª

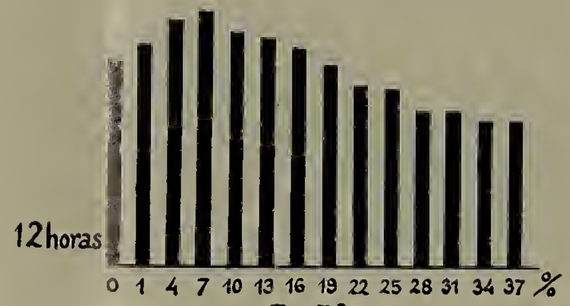


Fig. 5ª

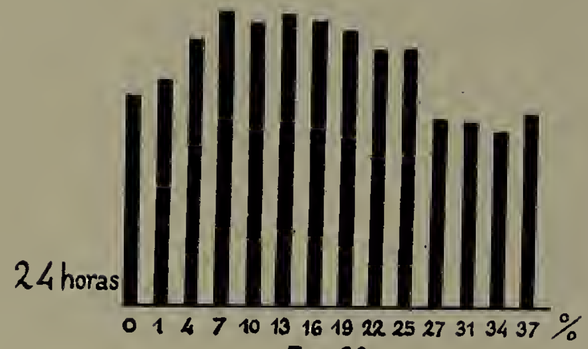


Fig. 6ª

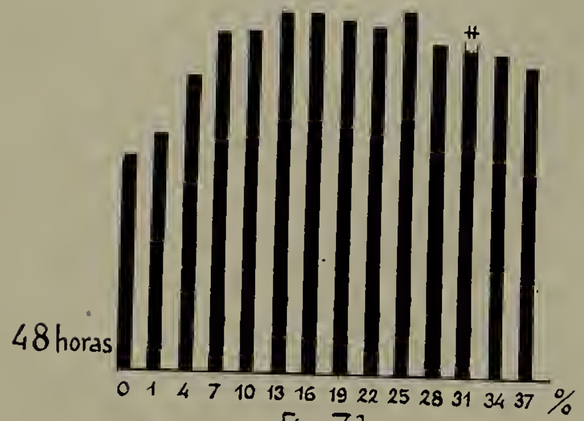


Fig. 7ª

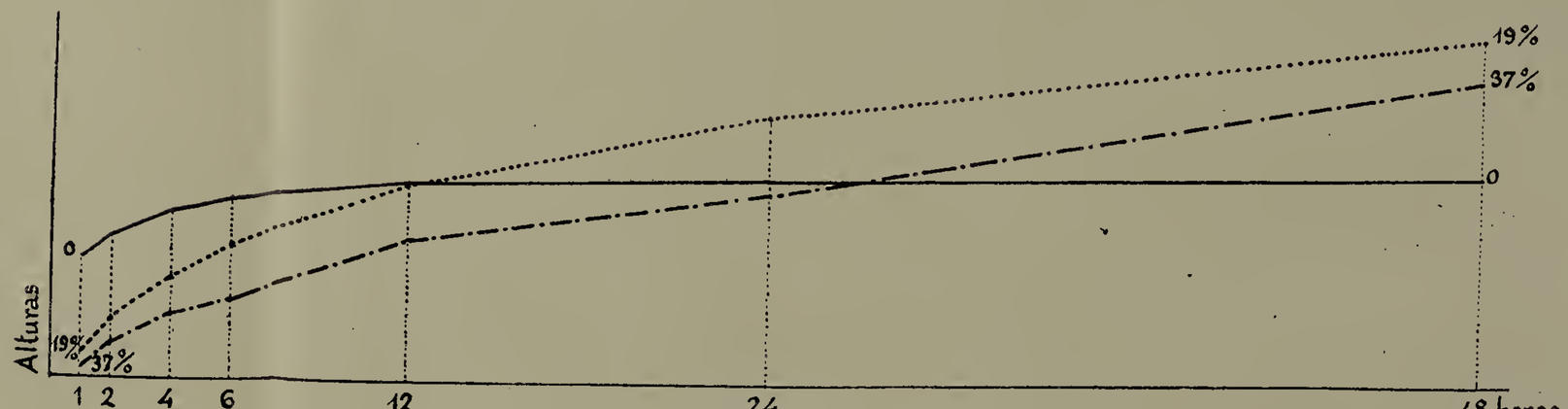


Fig. 8ª

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 20

BRITISH MUSEUM

ESTUDIOS ORIGINALES SOBRE ESTEREOSCOPÍA ASTRONÓMICA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. JOSÉ COMAS SOLÁ

Publicada en septiembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 20

ESTUDIOS ORIGINALES SOBRE ESTEREOSCOPÍA ASTRONÓMICA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. JOSÉ COMAS SOLÁ

Publicada en septiembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63.

1917

ESTUDIOS ORIGINALES
SOBRE ESTEREOSCOPÍA ASTRONÓMICA

por el académico numerario

D. José Comas Solá

Curso Académico de 1916-1917

ESTUDIO DE LAS VARIACIONES ACCIDENTALES DE POSICIÓN DE LAS IMÁGENES FOTOGRÁFICAS DE LAS ESTRELLAS EN FUNCIÓN DE LA DIMENSIÓN DE LOS GRANOS DE LA EMULSIÓN

En las medidas de precisión sobre los clisés astronómicos es de suma importancia conocer las posibles y probables causas de perturbación que puedan alterar la posición relativa de los puntos objetos de observación.

Muchas de las causas perturbadoras no son adecuadas a un estudio razonado y por consiguiente, aun cuando sean por lo común de efectos muy pequeños, la cuantía de la perturbación queda por nosotros ignorada. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, con las posibles alteraciones de la gelatina de las placas durante las operaciones de revelado, fijado, secado, etc. De todos modos cabe asegurar que, cuando menos en general, las alteraciones debidas a la gelatina o son muy pequeñas o son nulas. Análogas consideraciones podrían hacerse sobre las irregularidades que puede presentar la superficie plana del cristal. Estas alteraciones pueden suprimirse del todo escogiendo adecuadamente los cristales. Por otra parte, en este caso no existe el peligro de que en lo futuro pueda la superficie sufrir alteración ninguna.

Muchísimo más peligrosas e imposibles de prever son las alteraciones debidas a pequeñas manchas negras que se producen en la emulsión sensible por defectos de elaboración o bien a pequeñas regiones de la propia emulsión exentas de sensibilidad a la luz. Se concibe sin dificultad que en uno y otro caso basta que una de esas manchitas se forme en el borde de la imagen de una estrella para que quede sensiblemente alterada la posición del centro de gravedad de la imagen estelar. Sólo por la repetición de los clisés se puede eliminar estas causas accidentales de perturbación.

Pero, por encima de las citadas alteraciones accidentales, de definición pre-

cisa imposible y de existencia no indispensable, existe otra causa de alteración general de las imágenes cuya cuantía podemos estudiar razonadamente y que depende de las dimensiones de los granos de las sales de plata que constituyen la base de las emulsiones sensibles a la luz.

En las placas corrientes extra-rápidas al gelatino bromuro de plata, el examen microscópico nos enseña que los granos de la sal sensible pueden considerarse esféricos y de un diámetro del orden de 0,01 de milímetro. Si empleáramos placas más lentas, las dimensiones serían inferiores y mejorarían todavía los resultados de que a continuación se da cuenta.

Estos granos están separados por espacios de dimensiones del mismo orden. El haz luminoso que forma la imagen de una estrella es en realidad delgadísimo; y aun este pequeño diámetro es debido prácticamente a la difracción de la luz. El diámetro de este haz, para una estrella pequeña, es siempre muy inferior al diámetro de un grano de la emulsión. Mas, en la práctica, aun haciendo uso de objetivos de la mejor calidad, el diámetro de la imágen estelar resulta ser muy superior al de los granos. La causa estriba, en primer lugar, en cierto inevitable bailoteo de la imagen sobre la superficie de la placa, ya sea por efectos atmosféricos, ya por pequeñas rectificaciones de posición del ecuatorial, ya sea por la acción difusiva de la luz sobre la materia sensible, ya en fin, por la aureola de luz difundida en la atmósfera, alrededor de la estrella. En efecto; será siempre muy raro el que podamos impresionar nada más que un solo grano. Además, aunque el haz de luz afecte solamente a un grano, se producirá siempre no sólo una pequeña reflexión difusa en los granos contiguos al primero, sino que la acción química se propagará a la totalidad de cada grano, y también a los contiguos. Por esto, en las mejores fotografías de estrellas, las imágenes más pequeñas, correspondientes a las estrellas más débiles, comprenden por lo menos unos tres granos impresionados. Tratándose de estrellas muy débiles, se concibe sin dificultad que estos pocos granos impresionados serán únicamente los de la superficie de la emulsión, pues ésta es opalina y da sombra a los granos inmediatamente inferiores a los de la superficie.

En el caso de tratarse de estrellas brillantes, todos los efectos indicados arriba se habrán intensificado, y además la acción luminosa no se limitará a la superficie de la emulsión, sino que irá profundizando en ella, por manera que la imagen en vez de ser plana, como en las estrellas más débiles, afectará la forma de un tronco de cono. Si la estrella es suficientemente brillante, este cono atravesará todo el espesor de la emulsión y la luz alcanzará la cara interna posterior del cristal, sobre la cual se reflejará, dando lugar al conocido halo que envuelve las estrellas más brillantes y cuyo radio depende del espesor del cristal de la placa.

No siendo, pues, las imágenes estelares rigurosamente circulares, sino más bien constituídas por un mosaico de granos de plata, que darán un contorno poligonal, se comprende que deberán existir siempre ciertas irregularidades en la distribución de los granos impresionados y que el centro de gravedad de la imagen,

que al fin y al cabo es al que referimos la posición de la estrella, experimentará determinadas alteraciones. Si la imagen de una estrella estuviera constituída por dos granos, sería muy posible, en virtud de circunstancias que podemos suponer en la práctica regidas por el azar, que el centro de gravedad de la imagen se desplazara del diámetro de un grano entero, es decir, de 0^{mm}, 01, desplazamiento enorme, ya que con un objetivo de 80^{cm} de distancia focal representaría una desviación de 2,"3. Pero esto en la práctica no ocurre nunca, pues raras veces la imagen de una estrella está formada por tan pocos granos, ni tampoco es costumbre dar algún peso a observaciones de tan débiles imágenes. En general, las imágenes estelares estarán constituídas por algunas decenas de granos y hasta por algunos centenares y millares. Admitiendo que el radio de una estrella de 6ª magnitud, en las fotografías, es de 0^{mm}, 25 en la capa superficial de la emulsión habrá impresionados unos 1000 granos, descontando por mitad el espacio ocupado por los intersticios.

En tales condiciones podemos decir que dependerá del azar la falta de rigurosa simetría en el número de granos impresionados que podrá existir entre un medio contorno de la imagen de la estrella y el otro medio contorno, ambos de posiciones arbitrarias.

Tratándose del azar, sólo la experiencia nos puede ilustrar sobre el error medio que se pueda cometer en cada caso. Y la experiencia demuestra que, por término medio, y con independencia del número de repeticiones cuando éstas son numerosas, la discrepancia absoluta es de dos unidades. Supongamos una estrella de 6ª magnitud de 0^{mm}, 25 de radio. Su perímetro estará constituído por unos 150 granos; y la mitad por 75. Por término medio, habrá dos granos más en un semicírculo de la estrella que en el otro. Esos dos granos más desviarán la posición del centro de gravedad de la imagen de la capa superficial del clisé, que es la que observamos principalmente. Esta desviación, como máximo, será del orden de 0^{mm}, 00027, ó de 0"07 en un objetivo de 80^{cm} de distancia focal. Para una estrella de 0^{mm}, 1, la desviación media sería de 0^{mm}, 0007, ó de 0",16. En general, la desviación media de la imagen fotográfica será inversamente proporcional al radio de la misma. De aquí se deduce la conveniencia de no utilizar en lo posible imágenes estelares excesivamente pequeñas en observaciones de precisión.

Por otra parte, por la experiencia se demuestra también que el término medio de 10 clisés, para una estrella de 6ª magnitud, da un error medio máximo de 0^{mm}, 000066 ó bien del orden de 0",001. Así podríamos continuar calculando las desviaciones para otros radios estelares, siguiendo la proporcionalidad indicada más arriba. Pero estos resultados ya son suficientes para demostrarnos que, teniendo la precaución de repetir las medidas de precisión en varios clisés distintos, podemos descartar todo peligro de error sensible debido a efectos fotográficos.

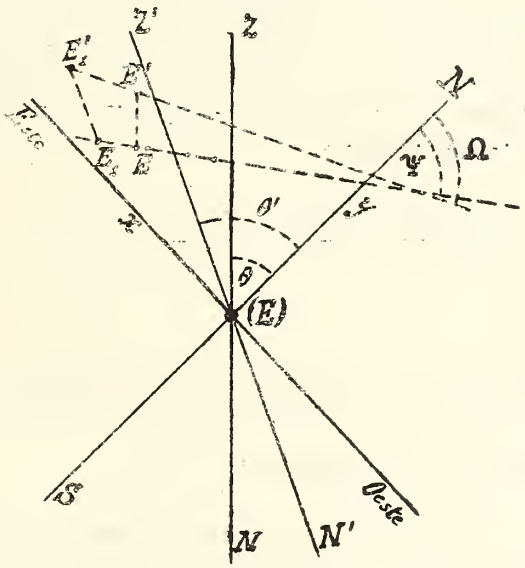
Y en este caso se ponen de manifiesto una vez más las ventajas de la observación estereoscópica sobre la micrométrica. En efecto; en esta última, si que-

remos que las medidas sean de alguna precisión, debemos hacer uso de microscopios de cierta potencia, con lo cual aumentamos considerablemente el diámentro de la estrella y hacemos visibles los granos de la emulsión; y ante tales dimensiones e irregularidades ocurre indefectiblemente un error de puntaje, por la imposibilidad de precisar por estima el centro de gravedad de la imagen. En cambio, en estereoscopía, apenas amplificamos la imagen, y nuestro cerebro recibe impresiones regulares, sensiblemente idénticas, sin perturbación de ninguna clase, y nuestro espíritu, por manera maravillosa, *siente* las menores desviaciones relativas de los centros de gravedad de las imágenes observadas. Nuestra sensibilidad al relieve es un prodigioso microscopio que, sin aumentar el tamaño de las imágenes, amplifica considerablemente los desplazamientos de las mismas.

CORRECCION DE LA REFRACCIÓN ATMOSFÉRICA EN ESTEREOSCOPÍA ASTRONÓMICA

La determinación del ángulo de posición de la dirección del movimiento de una estrella en estereoscopía puede ser con frecuencia perturbada por la refracción atmosférica, lo propio que la apreciación del valor angular del desplazamiento. La necesidad de estas correcciones de refracción se hace sentir especialmente en el cálculo de paralajes estelares.

Aun cuando en estas delicadas observaciones suponemos conocido muy aproximadamente el valor del movimiento propio de la estrella por medio de observaciones micrométricas, separadas por un suficiente intervalo de tiempo, en las consideraciones que siguen procuro resolver el problema en toda su generalidad, pudiéndose aplicar las fórmulas lo mismo a las observaciones efectuadas con el estereogoniómetro que con el estereocomparador.



Sean NS y EW los dos ejes fijos que constantemente tomaremos de referencia. y cuya intersección u origen coincide con una estrella (E) de las dos que vamos a considerar. Supongamos que en la fotografía primera la dirección de la vertical corresponde a ZN (hora del medio de la exposición) y en la segunda a Z'N'. Los ángulos θ y θ' los calcularemos previamente por los métodos conocidos. Sean E la posición verdadera de la estrella compañera y E_1 la segunda

posición de la misma. Si la refracción atmosférica no existiese, el ángulo Ψ que nos daría directamente el estereogoniómetro sería el ángulo de posición verdadero del desplazamiento de la estrella. Pero en la realidad no ocurre así, sino que en la primera fotografía, por efecto de la refracción diferencial, la estrella E se habrá trasladado a E′, y en la segunda fotografía la estrella E_1 a E_1', efectuándose ambos traslados paralelamente a ZN y a Z′N′. Los valores de E′E y $E_1'E_1$ nos son conocidos, pues podemos medir, aunque sólo sea aproximadamente, la distancia E (E), calcular sus proyecciones sobre Z N y Z′N′ y teniendo en cuenta el valor angular de estas proyecciones tomar en las tablas de refracción corrientes los valores de las refraccciones diferenciales EE′ y E_1E_1'. Llamaré a estos dos últimos valores s y s', y llamaré σ al desplazamiento verdadero EE_1 y δ al desplazamiento aparente $E'E_1'$. En fin, representaré por Ω al ángulo de posición del desplazamiento aparente, ángulo suministrado por el estereogoniómetro. El problema se reduce, pues, a calcular σ y Ψ, conociendo por la observación estereoscópica δ y Ω. Supongo en esta figura que las x son positivas hacia la izquierda y las y positivas hacia arriba. Las coordenadas de las posiciones verdaderas y aparentes de la estrella E serán las siguientes:

$$E \cdots x'; y'; \; E' \cdots x' + s \operatorname{sen} \theta; y' + s \cos \theta; \; E_1 \cdots x' + \sigma \operatorname{sen} \Psi; y' + \sigma \cos \Psi;$$

$$E'_1 \cdots x' + \sigma \operatorname{sen} \Psi + s' \operatorname{sen} \theta'; y' + \sigma \cos \Psi + s' \cos \theta'.$$

El coeficiente angular de la recta que pasa por E_1' y E′ será igual a tg Ω, y su valor analítico será el siguiente:

$$\frac{\sigma \cos \Psi + s' \cos \theta' - s \cos \theta}{\sigma \operatorname{sen} \Psi + s' \operatorname{sen} \theta' - s \operatorname{sen} \theta} = tg \; \Omega.$$

Por otra parte,

$$\delta = \sqrt{(x' + \sigma \operatorname{sen} \Psi + s' \operatorname{sen} \theta' - x' - s \operatorname{sen} \theta)^2 + (y' + \sigma \cos \Psi + s' \cos \theta' - y' - s \cos \theta)^2}.$$

Efectuando operaciones y reducciones, resulta:

$$\delta^2 = \sigma^2 + s^2 + s'^2 + 2 \sigma s' \cos (\Psi + \theta') - 2 \sigma s \cos (\Psi + \theta) - 2 ss' \cos (\theta + \theta').$$

Haciendo para abreviar:

$$s' \cos \theta' - s \cos \theta = M$$

$$s' \operatorname{sen} \theta' - s \operatorname{sen} \theta = N$$

$$s^2 + s'^2 - 2 ss' \cos (\theta + \theta') = M^2 + N^2,$$

obtendremos las dos siguientes fórmulas que resuelven el problema:

$$\begin{cases} \dfrac{\sigma \cos \Psi + M}{\sigma \operatorname{sen} \Psi + N} = Tg\ \Omega \\ \sigma^2 + 2\,\sigma\, s' \cos(\Psi + \theta') - 2\,\sigma\, s \cos(\Psi + \theta) + M^2 + N^2 = \delta^2 \end{cases}$$

Para hallar los valores de σ y Ψ se procederá por aproximaciones sucesivas, empezando por hacer $\Omega = \Psi$ en la segunda ecuación, de donde obtendremos un valor de σ, que luego substituiremos en la primera ecuación, la cual a su vez nos dará otro valor de Ψ, que luego substituiremos en la segunda, y así siguiendo hasta alcanzar valores sensiblemente invariables.

Como he indicado al principio de esta Nota, en los trabajos especiales de estereoscopía por lo común conocemos con bastante aproximación el valor de σ. En este caso, la primera de las dos fórmulas nos dará el valor de Ψ por un rápido tanteo. En general, si se ha tenido cuidado en escoger horas apropósito para las fotografías y distancias cenitales lo menores posibles, las correcciones de refracción son muy pequeñas y con frecuencia perfectamente despreciables. En cuanto a inducir en error la refracción atmosférica por lo que se refiere a la realidad de relieves de origen astronómico, no es posible que esto ocurra, por cuanto todas las deformaciones que pueda sufrir el campo estereoscópico por esta causa son continuas, carácter completamente distinto de los relieves y huecos relativos producidos por los movimientos propios de las estrellas en la visión estereoscópica.

DETERMINACIÓN DE LA PARALAJE DE LA ESTRELLA 61 DEL CISNE POR MEDIO DE LA ESTEREOSCOPÍA

En la Memoria n.° 23, volumen XII, publicada por nuestra Academia, di las fórmulas apropiadas para calcular, por media de la estereoscopía, la paralaje de una estrella, determinando los ángulos de posición del movimiento correspondiente a dos puntos cualesquiera de la cicloide descrita durante un año, y refiriendo el origen de tiempo a un cuarto de año más tarde que la época en que la estrella está en oposición con el Sol en longitud.

Empleando los mismo símbolos de la Memoria citada, estas ecuaciones eran:

$$x = p\,(1 - \cos nt) + mt\cos\gamma \qquad (1)$$
$$y = p\,\operatorname{sen}\lambda\,\operatorname{sen} nt - mt\,\operatorname{sen}\gamma$$

Mas, en la práctica, es muy difícil obtener una o más fotografías precisamente en la fecha señalada, y por otra parte no es recomendable apoyar todas las determinaciones en una o pocas imágenes; así es que lo mejor es determinar el ángulo de posición de una porción de secantes cuyos extremos sean todos distintos, procurando que estas secantes correspondan a los períodos más favorables, es decir, a aquellos períodos en que el efecto de paralaje sea lo más preponderante posible sobre el ángulo de posición. Este período para la 61 del Cisne, comprende, entre sus límites, el punto de origen adaptado, y, por lo tanto, en la práctica es ésta una razón de más para cambiar el origen de coordenadas.

Llamando x, y a las coordenadas de las ecuaciones (1) y x', y' a las coordenadas correspondientes a un extremo de la secante, tendremos para el nuevo origen: $X = x - x'$; $Y = y - y'$, o bien:

$$X = p\,(\cos nt - \cos nt') + m\,(t - t')\cos\gamma$$
$$Y = p\,\operatorname{sen}\lambda\,(\operatorname{sen} nt - \operatorname{sen} nt') - m\,(t - t')\,\operatorname{sen}\gamma;$$

o, si se quiere, haciendo algunas transformaciones usuales, nos resultará:

$$X = 2\,p\,\operatorname{sen} n\,\frac{t + t'}{2}\,\operatorname{sen} n\,\frac{t - t'}{2} + m\,(t - t')\cos\gamma$$
$$Y = 2\,p\,\operatorname{sen}\lambda\cos n\,\frac{t + t'}{2}\,\operatorname{sen} n\,\frac{t - t'}{2} - m\,(t - t')\,\operatorname{sen}\gamma.$$

Haciendo:

$$A = 2\ sen\ \lambda\ cos\ n\ \frac{t+t'}{2}\ sen\ n\ \frac{t-t'}{2}$$

$$C = m\ (t - t')\ cos\ \gamma$$

$$B = 2\ sen\ n\ \frac{t+t'}{2}\ sen\ n\ \frac{t-t'}{2}$$

$$D = m\ (t - t')\ sen\ \gamma,$$

obtendremos:

$$X = p\ B + C$$
$$Y = p\ A - D$$

Recordando lo dicho en la Memoria citada:

$$tg\ \Psi = \frac{p\ A - D}{p\ B + C};$$

de donde:

$$p = \frac{D + C\ tg\ \Psi}{A - B\ tg\ \Psi}.$$

El valor de Ψ nos lo da el estereogoniómetro. En cuanto a los valores de m y de γ, los suponemos conocidos por observaciones meridianas hechas con anterioridad y durante una extensión de tiempo indefinida.

Este procedimiento original lo he aplicado a la estrella 61 del Cisne, bien conocida por ser una de las de más fuerte paralaje y por haber sido también la primera estrella cuya paralaje resultó de valor real, gracias al famoso trabajo debido a Bessel, en 1838, sirviéndose del heliómetro del Observatorio de Koenigsberg. He creído que ninguna estrella como ésta estaba tan indicada para hacerla objeto de los primeros ensayos estereoscópicos, aplicados a este fin.

Durante los años 1915 y 1916, he sacado una porción de fotografías de la 61 del Cisne, que comprende más de un ciclo entero del movimiento paraláctico, por medio de un objetivo de 16^{cm} de diámetro y 80^{cm} de distancia focal. El término medio de la duración de cada exposición ha sido de 20^{m}. Se ha procurado variar la exposición de acuerdo con la transparencia atmosférica, al objeto de obtener, en lo posible, las imágenes igualmente intensas, condición indispensable en los trabajos estereoscópicos de precisión. Pero ni aun con este cuidado meticuloso

se ha logrado la igualdad deseada, si bien ha quedado el recurso, que suple perfectamente, en la práctica, de combinar parejas de imágenes de intensidad parecida. Los métodos seguidos en la observación han sido los mismos que fueron indicados en la citada Memoria. Todas las observaciones se han hecho sobre papel y sobre cristal, resultando el caso verdaderamente sorprendente de que no ha sufrido alteración en ningún caso y por modo sensible la posición de las imágenes sobre el papel. En otras palabras: que el papel ha respetado las posiciones relativas de las estrellas hasta valores del orden de menos de un micrón. Es de notar, sin embargo, que todas las pruebas han sido tratadas con exquisito cuidado.

La primera fotografía de la serie data del 7 de agosto de 1915. Debo observar que la fecha del paso de la estrella por la oposición en longitud con el Sol tiene lugar el 29 de agosto, y que, por lo tanto, el punto origen convencional corresponde al 28 de noviembre. La segunda fotografía es del 18 de septiembre y la tercera del 13 del propio mes. La cuarta es del 12 de octubre; sigue otra del 3 de noviembre; otra del 10 y 30 de diciembre. Luego, en 1916, figuran fotografías del 6, 24, 27, 28, 29 y 30 de enero; otra del 5 de febrero. Después, durante algún tiempo, la constelación del Cisne se sitúa en malas condiciones o se hace invisible. Se reanudan las fotografías los días 26 y 29 de abril, 9 y 21 de mayo, 26 de junio, 5 y 21 de julio y termina la serie con otras del 22 y del 26 de agosto.

Como movimiento propio de la estrella he adoptado 5″, 18 por año, y como dirección 53° (términos medios de las dos componentes), según Auwers. El ángulo del ecuador con la eclíptica, en la citada estrella, es de 21° 18′; el de la eclíptica con el movimiento propio, de 15° 42′, es decir, $\gamma = 15° 42'$. Es sabido que la estrella 61 del Cisne es una doble notable, pero el movimiento relativo de las dos componentes (0″, 12 por año) se puede, cuando menos de momento, despreciar, haciendo las observaciones en conjunto.

Los primeros ensayos realizados con el estereogoniómetro me hicieron suponer que la dirección adoptada del movimiento propio de la estrella no era del todo exacto, refiriéndola a las estrellas de comparación adoptadas por mí. Estas son de $11^a,5$ magnitud y forman un pentágono, hacia cuyo centro está la 61; además, hay una estrella de $12^a,5$ magnitud, más próxima, que también he empleado en estas determinaciones. Desde luego, ninguna de estas seis estrellas da la misma paralaje, lo cual es muy lógico, aparte de que cada una de ellas está dotada de movimientos propios distintos, aun cuando muy débiles. En mis determinaciones, he tomado el término medio de los valores encontrados para cada una de las seis estrellas.

Haciendo $\gamma = 15° 42'$, de conformidad con las observaciones meridianas efectuadas con relación a los planos fundamentales, obtenía paralajes muy fuertes en las proximidades de la oposición con el Sol y muy débiles y hasta negativas para grandes intervalos. Haciendo $\gamma = 20°$, como término medio de las seis

estrellas de comparación, se obtiene mayor uniformidad en los resultados, por cuyo motivo adopté, provisionalmente y al principio este último valor.

Por otra parte, tampoco parece aceptable, y esto es más importante, que el movimiento propio relativo de la 61 respecto a las citadas seis estrellas equivalga a 5″, 18 por año. Se lleva la impresión de que es algo menor. A este efecto, el doctor Pólit, sirviéndose de un microscopio micrométrico, ha medido repetidas veces la distancia angular de la 61 a otra estrella muy pequeña y muy próxima, sobre mis clisés del 7 de agosto de 1915 y 26 de agosto de 1916, resultando para movimiento anual 4″, 1, con un error probable de medio micrón, o sean 0″, 14.

Pero como nada puede establecerse todavía en definitiva, he creído conveniente, por el momento, no alterar los valores generalmente aceptados de dirección del movimiento y de desplazamiento de la estrella. Solamente, con el objeto de compensar en lo posible la diferencia que pudiera existir entre el valor del ángulo de la dirección del movimiento y la realidad, he tomado combinaciones de fotografías que comprendan ambas regiones nodales de la sinusoide paraláctica. En efecto; en mis primeros ensayos de cálculo de paralaje de esta estrella resultaba un evidente y fuerte error sistemático, dando valores excesivos combinando fotografías correspondientes a las proximidades de la oposición con el Sol y pequeños valores y hasta alguna paralaje negativa combinando fotografías correspondientes a las proximidades del segundo punto nodal, es decir, hacia los meses de mayo, junio y julio siguientes. El término medio de los resultados obtenidos en la primitiva forma resultó ser del orden de 0″, 70, lo que inducía a creer que la paralaje era más fuerte que la generalmente aceptada.

Repitiendo las mismas observaciones y cálculos con combinaciones de pesos aproximadamente iguales y en lo posible compensadas con relación al error del ángulo de dirección que pueda existir, he obtenido los resultados que aparecen en el siguiente cuadro.

Fotografías	Valor de Ψ	Paralaje
3 noviembre 1915 — 10 diciembre 1915 . . .	+ 19°	0,″646
12 octubre 1915 — 30 diciembre 1915 . . .	+ 30°	1,″04
21 mayo 1916 — 21 julio 1916 . . .	— 23°	0,″214
3 noviembre 1915 — 30 diciembre 1915 . . .	+ 7°	0,″417
29 abril 1916 — 18 septiembre 1916 . . .	— 16°	0,″026
9 mayo 1916 — 21 julio 1916 . . .	— 20°	0,″088
	Paralaje media. . . =	0,″407
	Error probable. . . = ±	0,″105

Aun cuando en atención a la poca cantidad de determinaciones hechas, el error probable no es excesivo, hay que tener en cuenta que este error es todavía

ficticio, pues quedan, sin duda, residuos del error sistemático señalado más arriba. No se podrán dar valores definitivos hasta después de haber terminado con precisión, "respecto a las estrellas que constituyen el fondo estereoscópico", el ángulo de la dirección del movimiento y el valor de este movimiento, datos que espero no pasará mucho tiempo sin poderse obtener.

De todos modos, pudiera objetarse que las diferencias encontradas tuvieran un origen distinto o que fueran simplemente de carácter accidental.

Pudiéramos presentar una hipótesis de carácter operatorio. Me refiero a alteraciones posibles de la gelatina o del grano de la emulsión de las placas. A este efecto, debo hacer notar que de los 23 clisés obtenidos, todas las parejas dan resultados armónicos, dentro de los errores naturales de observación, excepto uno solo, que combinado con los clisés más inmediatos da resultados incompatibles con la cicloide establecida. Este clisé es del 22 de agosto, y produce el efecto de que la estrella sufrió un desvío del orden de un micrón, desvío insignificante comparándolo con clisés muy distanciados, pero muy sensible comparándolo con clisés próximos. Debo advertir que dicho clisé es quizás el menos perfecto de todos y que su gelatina aparece fuertemente coloreada por causas atribuibles a su elaboración.

De todas estas consideraciones resulta altamente probable, por no decir seguro, que los resultados obtenidos son perfectamente reales, dentro del margen de los errores accidentales e inevitables de observación, así como de los atribuibles a las dimensiones de los granos de la emulsión, que hacen posibles pequeñas desviaciones del centro de gravedad de las imágenes fotográficas.

Pudiera también admitirse la realidad de desviaciones anómalas, sobre las cuales ya tuve el honor de ocuparme en otra ocasión y en nuestra Academia, desviaciones de las que, posteriormente, he encontrado nuevos ejemplares notabilísimos y que suprimen en absoluto toda duda sobre la realidad del hecho. Por consiguiente, entra dentro de lo posible, que la anomalía presentada por el clisé del 22 de agosto y ciertas particularidades de algún otro sean debidas a desvíos de esta clase, y no a defectos de los clisés. Pero estos casos, siempre posibles, influirán por igual sobre las observaciones visuales, las fotográficas simples y las estereoscópicas. Aunque casi siempre de poca cuantía, ha sido tenida en cuenta la refracción diferencial.

Queda, ahora, solamente por discutir las ventajas o inconvenientes que puede ofrecer el método estereoscópico con relación a los demás. Las ventajas desde luego son considerables en cuanto nos refiramos a sensibilidad y comodidad del método; en cuanto a los inconvenientes, no presenta ninguno nuevo, cuando se aplica la estereoscopía a la determinación del ángulo de posición de las direcciones de los movimientos. Para determinar valores lineales, aun cuando su sensibilidad es exquisita, pues llego en los clisés a hacer perceptibles desviaciones del orden de una quinta parte de micrón, la estereoscopía no se presta a ello, si bien nos permite obtener valores bastante aproximados. Creo, pues, que el mejor

método que puede emplearse en estos trabajos es determinar por medio de un microscopio micrométrico el valor del movimiento propio respecto de las estrellas de fondo, una vez reconocida su existencia por medio de la estereoscopía, para lo cual siempre se dispone de un tiempo indefinido y pudiéndose alcanzar, por consiguiente, una ilimitada exactitud. En cuanto a la paralaje propiamente dicha, bastará con determinar los ángulos por medio del estereogoniómetro, que nos los proporciona con exactitud maravillosa y con facilidad incomparable.

El caso más favorable será aquel en que el movimiento propio de la estrella sea perpendicular al movimiento paraláctico, aun cuando se encuentre la estrella no lejos de la eclíptica; o bien cuando, siendo el movimiento propio nulo o muy pequeño, se encuentre la estrella no lejos del polo de la eclíptica. El caso de la 61 del Cisne es relativamente poco favorable, lo cual avalora todavía más los resultados obtenidos, en atención a las reducidas dimensiones del objetivo fotográfico empleado.

PRESENTED
1913

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 21

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

OBSERVACIONES DE POSICIÓN DE PEQUEÑOS PLANETAS DURANTE LOS AÑOS 1915 Y 1916

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. JOSÉ COMAS SOLÁ

Publicada en septiembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

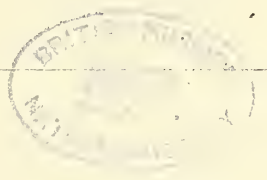
MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 21



OBSERVACIONES DE POSICIÓN DE PEQUEÑOS PLANETAS DURANTE LOS AÑOS 1915 Y 1916

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. JOSÉ COMAS SOLÁ

Publicada en septiembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

OBSERVATORIO FABRA

OBSERVACIONES DE POSICIÓN DE PEQUEÑOS PLANETAS DURANTE LOS AÑOS 1915 Y 1916

por el académico numerario

D. José Comás Solá

Los pequeños planetas que gravitan alrededor del Sol han ido aumentando en importancia científica desde que Piazzi descubrió el primero de la serie, Ceres, el 1 de enero de 1801. Pronto pudieron convencerse los astrónomos, a principios del siglo pasado, de que tenía que existir un enjambre numeroso de nuevos astros entre Marte y Júpiter, y así lo ha confirmado la serie no interrumpida de descubrimiento, desde que fué reanudada por Hencke el 8 de diciembre de 1845. El trabajo era, en un principio, relativamente fácil por una parte y relativamente difícil por otra, para descubrir nuevos astros de esa categoría. Era fácil porque existía una reserva considerable de pequeños planetas por descubrir; era difícil por la falta de buenos catálogos estelares y sobre todo de buenas zonas eclípticas. Los trabajos llevados a cabo por Chacornac a este efecto, a mediados del siglo pasado, auxiliaron grandemente tan meticulosa labor; prueba de lo mismo es la pléyade de astrónomos que pronto enriquecieron los dominios de la Astronomía con incesantes descubrimientos planetarios. Los nombres de Hind, De Gasparis, de Chacornac, de Luther, de Pogson, de Goldschmitd, de Tempel, de Watson, de Peters, de Borrelly, de Coggia, de Pablo y Próspero Henry. de J. Palisa y de Charlois proclama bien alto un esfuerzo enorme de perseverancia, de habilidad y de trabajo. La última etapa de Charlois se compenetra con la primera de Max Wolf. Estos dos grandes astrónomos representan el tránsito de dos métodos de observación astronómica: el visual y el fotográfico. Todas las observaciones hechas con anterioridad a Max Wolf fueron visuales. Ambos métodos son incomparables en rendimiento; el visual, así se trate de la observación de planetas conocidos como del descubrimiento de otros nuevos, es enormemente laborioso, comparado con el fotográfico. Max Wolf tuvo la suerte de aprovechar las primicias del procedimiento, empezando con el descubrimiento de Brucia (323), el 20 de diciembre de 1891. Lleva este nombre en honor a miss Bruce, de quien recibió Max Wolf el objetivo con el que hizo el descubrimiento de este planeta. El procedimiento de Wolf fué seguido pronto por los demás astrónomos; y, así, el propio Charlois, el 19 de septiembre de 1892, descubre Lacadiera (336), fotográficamente, método que es de extrañar no se hubiese aplicado ya mucho antes, por cuanto ya existían de tiempo todos los elementos necesarios para ello (los ecuatoriales con aparato de relojería, los objetivos y las placas fotográficas se conocían desde muchos años

atrás, y se habían aplicado ya a diferentes trabajos astronómicos, a fotografías de estrellas inclusive).

Durante una porción de años (desde 1891 hasta 1898), Charlois y Max Wolf rivalizan en descubrimientos, en los que Charlois lleva todavía la ventaja. Resultado de esta lucha astronómica fué que, al comenzar el siglo XX, se alcanzaba el planeta número 464. A partir de esta fecha, parece que el Observatorio de Heidelberg, dirigido por Max Wolf, pasa a ser el origen obligado del descubrimiento de la inmensa mayoría de pequeños planetas; y con la colaboración de Carnera, de Dugan, de Massiges, de Kopf, de Reinmuth y otros, pronto el número de planetas conocidos aumentó en algunos centenares más, aparte de los aportados por algunos otros pocos astrónomos, como Wood, del Observatorio de Johannesburg (Transvaal) y Neujmin, del Observatorio de Simeis (Crimea).

Y ha ocurrido que este conjunto ya secular de trabajo, que ha proporcionado a la Astronomía más de 800 pequeños planetas, en vez de disminuir el valor científico de los mismos por su mucha cantidad, lo ha aumentado en forma imprevista, por cuanto nos han revelado hechos que *a priori* jamás se hubieran concebido. En primer lugar, Witz descubrió Eros (433) en 1898, resultando, contra todo lo previsto, que la distancia media de este planeta al Sol era menor que la de Marte; por otra parte, desde el Observatorio de Heidelberg, se descubría posteriormente un grupo de pequeños planetas situados a una distancia del Sol del mismo orden que la de Júpiter, y que se ha convenido en llamar grupo de planetas Troyanos. Si a esta circunstancia añadimos el hecho de presentar Marte dos satélites pequeñísimos cuya velocidad de giro es mayor que la del planeta, de estar Júpiter acompañado de un séquito de satélites muy lejanos y retrógrados y Saturno de un satélite retrógrado conocido (indudablemente existen muchos más, capturados por ambos planetas), bien cabe suponer, sin pecar de imprudentes, que la disgregación del anillo cósmico que debió existir entre Marte y Júpiter ha alcanzado tal grado de difusión dentro de nuestro sistema solar que quizás lo envuelva todo como una polvareda de astros. Un pequeño análisis empírico del número de pequeños planetas en función de su magnitud estelar me demuestra claramente que si los planetas que pueden alcanzar en las mejores condiciones las magnitudes de 6^a, 7^a y 8^a están ya agotados, quedan quizás algunos pocos todavía de 9^a y 10^a, pocos también de 11^a, bastantes de 12^a y 13^a y miles de 14^a, 15^a etc., todo lo cual nos prepara las mayores sorpresas astronómicas.

A pesar de todo esto, en España, como en tantos otros asuntos científicos, no se había hecho absolutamente nada sobre el particular, hasta el extremo de que no tengo noticia de que nunca en nuestro país se hubiese efectuado una sola observación de posición de pequeños planetas. Llevado por la intención de hacer algo sobre el particular, las circunstancias me favorecieron, hace algunos años, con la adquisición de un excelente objetivo fotográfico de 16^{cm} de diámetro y 80^{cm} de distancia focal, y que cubre bien unos 100° cuadrados de esfera celeste a toda aber-

tura. Es obvio insistir, en este caso, sobre las ventajas considerables que ofrece un objetivo de gran campo. Es claro que las determinaciones de posición no son tan exactas como las hechas con un objetivo de gran distancia focal; pero, por lo común, los resultados son suficientes, y cuando éstos requieran una gran precisión hemos hecho uso del objetivo fotográfico del ecuatorial del Observatorio Fabra.

El procedimiento fotográfico que en general se sigue para el reconocimiento de pequeños planetas consiste en hacer una exposición más o menos larga de una región determinada del cielo. Si en el clisé aparecen uno o varios pequeños planetas, éstos se revelan por su movimiento propio, que dejan una traza sobre el clisé.

Los procedimientos que yo he seguido desde hace algunos años son los siguientes:

1.° Se hacen dos exposiciones iguales de la misma región celeste, de media hora a tres cuartos de hora de duración. Las dos exposiciones están separadas sobre la placa por 30″ ó 40″ en declinación. De esta manera todas las imágenes de las estrellas aparecen dobles, siendo paralelas sensiblemente las direcciones de todas las parejas de imagen. Si entre estas estrellas figura algún planeta, se dará a conocer inmediatamente su naturaleza por su movimiento propio, ya que la pareja correspondiente de imágenes aparecerá inclinada con relación a las demás. Este procedimiento lo he usado mucho y me ha dado muy buenos resultados para planetas que no sean excesivamente débiles.

2.° Al objeto de intensificar la imagen de débiles planetas, he ensayado fotografiarlos en situación próximamente estacionaria, dando larga exposición y dejando un intervalo de dos o tres horas entre ambas exposiciones. La práctica demuestra, por diferentes circunstancias que sería demasiado largo desarrollar, que este procedimiento, si bien es cierto que algunas veces puede dar buenos resultados, en general es poco recomendable, sobre todo por el efecto perturbador que en el reconocimiento de imágenes produce el movimiento en declinación de los planetas.

3.° Consiste éste en seguir el mismo procedimiento operatorio del primer caso, pero teniendo cuidado de desplazar el eje horario y algo el de declinación durante la exposición y con cierta regularidad, de manera que la intersección de referencia de los hilos micrométricos retrógraden, paralelamente a la eclíptica, de unos 25″ a 30″, si las dos exposiciones son de unos 50 minutos de duración. Es conveniente colocar previamente los hilos de declinación del micrómetro aproximadamente paralelos a la eclíptica en el punto considerado. Así se logra intensificar las imágenes de los planetas débiles, sin perder el desplazamiento característico de la pareja de imágenes; y se logra también otro resultado nada despreciable: hacer desaparecer en parte el exceso de pequeñas estrellas que inundan el clisé (algunas docenas de millares en regiones ricas del cielo) y que tanto estorban para la busca de pequeños planetas. Este procedimiento es el mejor,

según demuestra la práctica. De todos modos, el principio general que adopto, consistente en hacer dos exposiciones, lo considero indispesable, a fin de evitar confusiones con manchitas o puntos de los clisés y evitar dudas sobre el alargamiento que pueden presentar los discos de las estrellas.

Una vez terminadas las dos exposiciones, se desembraga el eje horario; de esta manera, quedando inmóvil la cámara fotográfica, las estrellas dejan una traza sobre la placa, perfectamente visibles hasta para las de 7ª magnitud. Estas trazas señalan rigurosamente, en cada punto, la dirección Este-Oeste. Con diez minutos de parada de la cámara, las trazas alcanzan ya la longitud de 40mm, suficiente por lo común. Luego con una reglilla de milímetros o con un papel cuadriculado se puede determinar con notable exactitud la posición de los pequeños planetas, refiriéndolos a estrellas de comparación conocidas. A este efecto, es recomendable tomar dos o tres estrellas de comparación, convenientemente distribuídas. En esta forma, se puede alcanzar sin dificultad hasta el segundo de tiempo en ascensión recta y la décima de minuto de arco en declinación con el objetivo de 16cm, y cuatro o cinco veces mayor exactitud con el objetivo del ecuatorial grande. A título de digresión indicaré que las trazas sobre los clisés son rectas para las estrellas que están en el ecuador; arcos de hipérbola, para las situadas entre el ecuador y los 45° de declinación; arcos de parábola para las situadas a 45° de declinación; arcos de elipse para las situadas entre 45° y el polo; y arcos de círculo cuando el centro de la placa coincide con un polo.

Dado el número considerable de pequeños planetas catalogados, es hoy indispensable una labor ordenada y constante de observaciones de posición de los mismos, al objeto de mantener suficientemente exactos en cada momento los elementos orbitales de cada uno de ellos, sujetos, por lo común, a muy fuertes perturbaciones. Creo, por consiguiente, que la Sección Astronómica del Observatorio Fabra desempeña una misión científica de la mayor importancia conservando en su programa de trabajos las observaciones de pequeños planetas, tanto más cuando este trabajo no sólo no se efectúa ni creo se hubiese efectuado nunca en España, sino que en el extranjero no es esta labor tampoco abundante, mayormente con motivo de la guerra, que resta energías científicas y sustrae valiosos elementos personales al trabajo. En la actualidad, sólo se labora en este sentido, y aun penosamente, en algunos sitios: en los Observatorios de Heidelberg, Viena, Simeis, Argelia y Barcelona. Nuestras comunicaciones postales con Alemania, Austria y Rusia son escasísimas, por manera que el intercambio de observaciones casi ha desaparecido. Afortunadamente, en el Observatorio de Marsella se ha establecido una centralización de observaciones de esta clase con una oficina de cálculos dirigida por M. L. Fabry, quien cuenta con la colaboración de M. M. Maître y Blondel. De esta manera, quedan enlazados los Observatorios de Marsella, Argelia y Fabra, completándose cuando menos en esta forma sus labores respectivas, mientras duran las anómalas circunstancias actuales. Por lo demás, no andamos remisos aquí en ponernos a buena altura en este orden de trabajos, pues aparte de

más de doscientos clisés obtenidos en dos años, tengo la satisfacción de haber introducido poco a poco, entre los alumnos de la Sección Astronómica, la práctica de determinar posiciones sobre los clisés y el cálculo de efemérides de pequeños planetas, cálculo este último que tampoco se había hecho nunca, hasta ahora, en España.

He aquí la lista, por orden cronológico, de las posiciones de pequeños planetas determinadas durante los años 1915 y 1916. Las posiciones se refieren al equinoccio medio del año respectivo.

			Hispania (804)							
20	marzo	1915. . .	11^h	40^m		11^h	28^m	1^s	+	0° 41′
24	»	» . . .	13	35		11	24	4	+	0 49
2	abril	» . . .	7	55		11	16	9	+	1 4
			Bathilde (441)							
12	junio	» . . .	12	0		17	27	1	—	21 35
			Erato (62)							
6	septiembre	» . . .	11	25		23	15	5	—	7 13
			Hersilia (206)							
6	»	» . . .	11	25		23	7	5	—	7 43
			Julia (89)							
20	agosto	» . . .	12	30		21	55	24	—	2° 58′,6
23	»	» . . .	11	15		21	52	3	—	2 44 1
			Europa (52)							
2	septiembre	» . . .	11	20		22	34	2	—	14 13 2
			Fides (37)							
2	»	» . . .	11	20		23	18	4	—	6 38 2
			Pompeja (203)							
2	»	» . . .	11	20		23	16	55	—	4 51 7
			Messalina (545)							
2	»	» . . .	11	20		23	1	57	—	2 42 6

AMBROSIA (193)

15	septiembre	1915.	. .	12h	30m	0h	19m	5s	+	6°	7′,0
27	»	»	. . .	7	30	0	6	53	+	6	30 1
28	»	»	. . .	7	30	0	5	44	+	6	31 9
1	octubre	»	. . .	7	50	0	2	16	+	6	34 7
4	»	»	. . .	7	15	23	58	42	+	6	38 3
5	»	»	. . .	7	45	23	57	43	+	6	39 2
7	»	»	. . .	7	5	23	55	32	+	6	40 9
30	»	»	. . .	11	45	23	36	7	+	7	7 3
3	noviembre	»	. . .	6	50	23	34	35	+	7	14 9
12	»	»	. . .	7	0	23	33	19	+	7	32 5

PIA (614)

8	»	»	. . .	12		3	11	33	+	14	23 2

EVELYN (503)

8	»	»	. . .	12		3	15	52	+	14	41 4

CERES (1)

8	»	»	. . .	12		3	34	57	+	10	54 7

CYBELE (65)

8	»	»	. . .	12		3	34	59	+	14	36 8

SIWA (140)

10	»	»	. . .	12		4	23	40	+	18	6 8

ASTEROPE (233)

10	»	»	. . .	12		4	23	40	+	17	54 5

FIDELIO (524)

10	»	»	. . .	7	25	2	53	26	+	31	27 8

PSYCHE (16)

11	»	»	. . .	11	30	4	46	22	+	17	33 2

PATIENTIA (451)

12	noviembre	1915. . .	12^h	10^m	4^h	25^m	2^s	+	10^0	5',0
13	»	» . . .	12	10	4	24	10	+	10	6 3

GYPTIS (444)

10	diciembre	» . . .	12		6	12	18	+	8	36 8

AUSONIA (63)

30	»	» . . .	8		6	39	30	+	31	0 7

VICTORIA (12)

30	»	» . . .	8		6	44	37	+	13	53 6

LILAEA (213)

2	enero	1916. . .	12		8	4	7	+	18	53 7

AMPELLA (198)

9	»	» . . .	12		8	39	25	+	10	13 4
10	»	» . . .	12		8	38	28	+	10	13 4

AEGLE (96)

1	febrero	» . . .	12	15	9	45	38	+	15	15 6

NAUSIKAA (192)

27	»	» . . .	12	15	9	54	17	+	17	22 3

ALKMENE (82)

27	»	» . . .	12	15	9	58	55	+	17	25 7

ISIS (42)

27	»	» . . .	12		9	39	52	+	25	35 0
1	marzo	» . . .	8		9	37	18	+	25	46 2
2	»	» . . .	12		9	36	12	+	25	49 8

SOPHROSINE (134)

27	febrero	» . . .	12		9	48	34	+	19	20 5

Undina (92)

1	marzo	1916. . .	8^h	$9^h\ 38^m\ 13^s$	+ 23° 52′,0
2	»	» . . .	12	9 37 23	+ 23 56 9

Asporina (246)

3	»	» . . .	12	11 26 58	+ 5 55 5

Ino (173)

4	»	» . . .	13	11 43 25	+ 10 3 2
6	»	» . . .	12 30	11 42 1	+ 10 15 5

Stereoscopia (566)

4	»	» . . .	13	11 44 46	+ 8 57 5

Dione (106)

4	»	» . . .	13	11 45 23	+ 8 11 9

Letitia (39)

4	»	» . . .	13	11 45 47	+ 5 33 7

Emita (481)

6	»	» . . .	12 30	11 48 10	+ 17 18 7

Gratia (424)

6	»	» . . .	12 30	11 53 47	+ 13 44 3

Klotho (97)

8	»	» . . .	12 45	11 56 53	+ 5 7 8

Devosa (337)

8	»	» . . .	12 45	11 57 28	+ 0 33 6

Minerva (93)

9	»	» . . .	11 45	11 25 42	— 1 37 3

LIBERATRIX (125)

26	marzo	1916. . .	12^h	10^m	12^h	32^m	15^s	—	1°	3′,4
4	abril	» . . .	12	10	12	25	9	—	0	1 9

BURDIGALA (384)

26	marzo	» . . .	12	10	12	48	41	+	0	50 8
4	abril	» . . .	12	10	12	40	33	+	1	27 2

DAPHNÉ (41)

26	marzo	» . . .	12	10	12	54	12	+	0	22 8
4	abril	» . . .	12	10	12	49	10	+	2	48 3

PANDORA (55)

21	»	» . . .	12		13	15	3	—	10	39 8

IRIS (7)

24	»	» . . .	11	40	13	40	39	—	17	11 1

THISBE (88)

24	»	» . . .	11	40	13	49	20	—	19	11 7

DIDO (209)

24	»	» . . .	11	40	13	54	38	—	17	5 13

PANOPAEA (70)

30	»	» . . .	12		15	11	9	—	16	57 5

FORTUNA (19)

30	»	» . . .	12		15	26	0	—	18	0 1

Io (85)

5	mayo	» . . .	12	15	15	26	15	—	10	4 1

JUSTITIA (269)

5	»	» . . .	12	15	15	38	46	—	9	33 4

			Chloë (402)		
24	mayo	1916. . .	12h 30m	16h 28m 57s	— 4° 7′,5
			Austria (136)		
27	»	» . . .	12	17 23 45	— 7 1 2
			Barbara (234)		
22	junio	» . . .	12 30	18 15 47	+ 0 32 8
			Gallia (148)		
24	»	» . . .	12 30	18 51 21	+ 4 41 4
			1914 UB (779)		
26	julio	» . . .	12 10	21 53 8	+ 3 22 4
			Alexandra (54)		
27	»	» . . .	12 15	21 48 32	— 12 27 4
			Ate (111)		
27	»	» . . .	12 15	22 0 56	— 10 12 5
			Eugenia (45)		
27	»	» . . .	12 15	22 16 23	— 9 38 5
30	»	» . . .	12 20	22 14 37	— 9 55 6
31	»	» . . .	12 20	22 14 0	— 10 1 2
			Bellona (28)		
30	»	» . . .	12 20	22 21 42	— 10 22 9
31	»	» . . .	12 20	22 21 7	— 10 29 1
			Eunomia (15)		
25	agosto	» . . .	12 10	22 56 39	+ 10 4 6
			Pomona (32)		
6	septiembre	» . . .	12 30	0 3 39	+ 6 47 7

					DIANA (78)						
6	septiembre	1916.	.	.	12h	30m	0h	8m	19s	+	6° 38′,3
					SENTA (550)						
20	»	»	.	.	8	15	0	32	23	+	23 1 4
					CYRENE (133)						
21	»	»	.	.	8	15	23	22	14	+	2 12 9
					NUWA (150)						
21	»	»	.	.	8	15	23	27	55	—	1 24 7
					KLIO (84)						
21	»	»	.	.	13		0	41	24	+	18 16 8
23	»	»	.	.	13		0	39	34	+	18 22 3
					PHAEDRA (174)						
23	»	»	.	.	13		0	40	54	+	17 37 3
					GORDONIA (305)						
27	»	»	.	.	12	20	0	42	19	+	7 9 8
					MEDEA (212)						
27	»	»	.	.	12	20	0	46	9	+	10 55 3
					AEGINA (91)						
30	»	»	.	.	12	25	2	8	11	+	13 45 8
					ANGELINA (64)						
30	»	»	.	.	12	25	2	8	47	+	15 2 9
					VERA (245)						
30	»	»	.	.	12	25	2	14	45	+	7 58 1
5	noviembre	»	.	.	7		1	47	40	+	6 44 1
8	»	»	.	.	7		1	45	31	+	6 41 1
10	»	»	.	.	7		1	44	9	+	6 39 6

JUEWA (139)

3	octubre	1916. . .	$12^h\ 20^m$	$2^h\ 23^m\ 16^s$	+	22°	12′,2
			ZELIA (169)						
3	»	» . . .	12 20	2 31 50	+	20	27 9
			AGLAJA (47)						
3	»	» . . .	12 20	2 32 3	+	18	30 1
			LAMBERTA (187)						
3	»	» . . .	12 20	2 34 55	+	18	6 5
			BEROLINA (422)						
3	»	» . . .	12 20	2 36 10	+	18	20 2
			ARACHNE (407)						
27	agosto	» . . .	12 25	23 40 1	+	8	41 2
30	septiembre	» . . .	8 45	23 11 33	+	6	54 4
1	octubre	» . . .	12 40	23 10 42	+	6	49 6
			BOHEMIA (371)						
27	agosto	» . . .	12 25	23 34 13	+	8	22 8
30	septiembre	» . . .	8 45	23 5 57	+	6	0 7
1	octubre	» . . .	12 40	23 5 12	+	5	54 8
			EGERIA (13)						
28	septiembre	» . . .	12 15	1 27 53	—	5	11 9
			Eos (221)						
28	»	» . . .	12 15	1 29 38	—	4	50 0
			KALLIOPE (22)						
28	»	» . . .	12 15	1 28 48	—	9	37 2
			THUSNELDA (219)						
29	»	» . . .	8 15	22 56 25	+	3	13 9

Burgundia (374)

29	septiembre	1916.	. .	8h	15m	22h	57m	12s	+	3º	51',5

Adeona (145)

27	octubre	»	. . .	12	40	3	8	59	+	5	0 2
24	diciembre	»	. . .	11	30	2	25	58	+	7	35 0

1912 QB (737)

27	octubre	»	. . .	12	40	3	24	59	+	5	23 5

Josephina (303)

29	»	»	. . .	8	10	23	52	39	+	3	5 7

Klythia (73)

29	»	»	. . .	8	10	23	47	6	—	1	9 8

Isolda (211)

29	»	»	. . .	12	20	3	53	22	+	23	39 3
30	»	»	. . .	12	10	3	52	44	+	23	26 6

Sulbika (563)

22	noviembre	»	. . .	12		3	30	34	+	9	13 0

Nanon (559) ?

22	»	»	. . .	12		3	28	39	+	7	7 2

Venetia (487)

23	»	»	. . .	12		3	47	38	+	5	20 6

Miriam (102)

21	»	»	. . .	12	15	4	3	57	+	16	11 4
22	»	»	. . .	7		4	3	12	+	16	6 9
24	»	»	. . .	8	40	4	1	10	+	15	56 5
24	»	»	. . .	12	30	4	1	0	+	15	55 6

EUROPA (52)

21	noviembre 1916. . .	$12^h\ 15^m$	$4^h\ 0^m\ 36^s$	+ 9° 45′,6
24	» » . . .	8 40	3 58 12	+ 9 40 6
24	» » . . .	12 30	3 58 2	+ 9 40 8

KASSANDRA (114)

21	» » . . .	12 15	4 18 51	+ 13 37 5
24	» » . . .	8 40	4 16 10	+ 13 27 5
24	» » . . .	12 30	4 16 0	+ 13 28 1

ECHO (60)

21	» » . . .	12 15	4 3 57	+ 15 18 5
24	» » . . .	8 40	3 58 5	+ 15 4 3
24	» » . . .	12 30	3 57 55	+ 15 3 5

POLIXO (308)

21	» » . . .	12 15	3 58 38	+ 14 44 5
24	» » . . .	8 40	3 56 1	+ 14 34 3

ROBERTA (335)

26	» » . . .	12	4 48 59	+ 14 42 2

THETIS (17)

26	» » . . .	12	4 44 31	+ 15 5 5

MASSALIA (20)

1	diciembre » . . .	12	5 1 11	+ 21 49 0

PEITHO (118)

20	» » . . .	7 15	5 16 41	+ 23 25 0

GABRIELLA (355)

15	» » . . .	7	5 17 54	+ 30 34 9

IPHIGENIA (112)

15	» » . . .	7	5 4 58	+ 26 46 1
18	» » . . .	12	5 1 27	+ 26 38 8

FREDEGUNDIS (678)

15	diciembre	» . . .	7h	5h 26m 48	+ 26° 56′,4
18	»	» . . .	12	5 23 23	+ 26 41 0

HERCULINA (532)

20	»	1916. . .	12 15	5 30 42	+ 13 6 7

HESPERIA (69)

20	»	» . . .	12 15	5 36 53	+ 9 41 3

INTERAMNIA (704)

21	»	» . . .	12 35	6 33 3	+ 26 11 6
29	»	» . . .	12 20	6 24 48	+ 25 34 7

HEBE (6)

26	»	» . . .	12	6 10 47	+ 4 42 6

BILKIS (585)

26	»	» . . .	12	6 13 24	+ 9 59 2

AËRÍA (369)

28	»	» . . .	11 30	6 2 7	+ 22 54 7

ROXANE (317)

29	»	» . . .	12 20	6 33 12	+ 20 50 3

ASPASIA (409)

31	»	» . . .	12 15	6 40 3	+ 12 14 7

Aparte del valor intrínseco que representa esta lista de posiciones, los principales resultados científicos obtenidos en esta primera serie de trabajos pueden resumirse en las siguientes conclusiones: 1.° Descubrimiento del pequeño planeta

Hispania (804). Es el primer astro descubierto en España, y aparte de su notable tamaño, presenta la interesante particularidad de estar situado en el borde de la laguna que corresponde a los $^{2}/_{5}$ de la revolución de Júpiter alrededor del Sol; 2.° Hallazgo del planeta perdido Ambrosia (193), que no había sido nuevamente observado desde su descubrimiento o sea desde hace ya 37 años; 3.° Grandes rectificaciones en los elementos orbitales de los planetas Vera (245) y Miriam (102); 4.° Descubrimiento, independientemente, del cometa Campbell, de 1914; 5.° Descubrimiento de desviaciones accidentales en las posiciones de las estrellas, gracias al procedimiento de la doble imagen, que permite comparar las posiciones estelares por la simple, rápida y precisa apreciación del paralelismo de las parejas de imágenes. La realidad de estas desviaciones ha sido comprobada posteriormente por la estereoscopía, y sobre ellas me ocupé oportunamente en esta Academia.

No terminaré esta nota sin poner de relieve la importante colaboración que en este laborioso trabajo han prestado y prestan el digno ayudante de la Sección Astronómica del Observatorio Fabra, doctor don Isidro Pólit, y los celosos alumnos de la propia Sección, Srta. Serret y Sres. Febrer y Mantero.

Barcelona, 28 diciembre 1916.

PRESENTED
[illegible]

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 22

CULTIVO Y APROVECHAMIENTO DE LOS TERRENOS DE SECANO EN ESPAÑA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. HERMENEGILDO GORRÍA Y ROYÁN

Publicada en septiembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

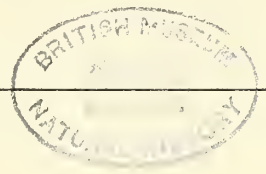
MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 22



CULTIVO Y APROVECHAMIENTO DE LOS TERRENOS DE SECANO EN ESPAÑA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. HERMENEGILDO GORRÍA Y ROYÁN

Publicada en septiembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

CULTIVO Y APROVECHAMIENTO DE LOS TERRENOS DE SECANO EN ESPAÑA

por el académico numerario

D. Hermenegildo Gorría y Royán

Sesión del día 28 de abril de 1917

Puede decirse que hasta la primera mitad del siglo pasado no se fijaron bases científicas en la agricultura; era entonces esta principal producción, regida por datos empíricos, siguiendo reglas o especies de cartillas y anuarios, con preceptos prácticos para cada mes del año; y en tan corto tiempo desde entonces hasta ahora llega ya a tener la agricultura, bases científicas y conocimientos técnicos, como puedan tenerlas las otras ciencias o industrias.

En la exposición de París de 1900, se pudo estudiar el progreso que hace diez y siete años tenía la agricultura, como ciencia de aplicación. Pudo observarse, que aun en la diversidad de productos presentados en aquel gran certamen, había una unificación de principios técnicos en la agricultura de fines del siglo, en cuanto a sus leyes generales y procedimientos científicos; bases del gran progreso que exhibían las principales naciones.

Si se estudian los adelantos agrícolas en la segunda mitad del siglo pasado y en los años que llevamos de este, se observa que obedecen a leyes generales, que relacionadas entre sí forman la moderna agronomía; la cual, fundada en las ciencias naturales y las físico-químicas, deduce leyes verdaderas, que dan por resultado lo que se propone la agricultura: la mayor producción posible con la mayor economía.

Podemos decir que el adelanto agrícola es la reunión del trabajo del agricultor guiado por los conocimientos y experiencias científicas de los agrónomos, quienes estudian la agricultura como ciencia, averiguando las leyes que han de ser base a la moderna agronomía.

A principios del siglo pasado las leyes de la restitución, ni la del mínimo, ni la alimentación vegetal, etc., no se comprendían bien; las tierras se esterilizaban, empobreciéndose, así como el agricultor. Hoy la agronomía da reglas científicas para la conservación y aumento de la fertilidad de la tierra, y multitud de problemas que antes se desconocían o no se practicaban. Algunas naciones extranjeras comprendieron antes que nosotros la necesidad del estudio agrícola; nos llevan muchos años de adelanto en esta ciencia y por eso llegan a los máximos de su producción agrícola. La competencia en los mercados, la escasez de capital,

el aumento de población y de bienestar que es preciso, nos impone el entrar de lleno en los progresos de la agricultura, siguiendo en el estudio de la moderna agronomía. La transformación en la ciencia agrícola, puesta en práctica en otras naciones, nos llevan muchos años de ventaja y como consecuencia en sus producciones; por esto se impone más esa transformación de adelanto en nuestro país. Este progreso debe basarse en el libro, en los trabajos científicos, en los laboratorios, estaciones agronómicas, en una palabra, en la moderna ciencia agrícola. Por esto es muy natural que esta Academia se ocupe de esta ciencia agrícola, y del adelanto en la agronomía, teniendo en su reglamento una sección así titulada: "Agronomía". Muy importante en su estudio, que no desmerece a ningún otro, y les excede en importancia material, en resultados esencialmente necesarios para la vida, cual es la alimentación abundante y barata. Gran admiración merecen los sabios que encuentran un nuevo descubrimiento en la astronomía, la física, la química, la mecánica, ¿pero cuánta sería la importancia del que descubriese el medio económico de hacer producir un grano más a cada espiga de trigo?

Por esto no es de extrañar que hoy ocupe la atención y moleste a mis estimados compañeros de esta Academia, en el trabajo de turno reglamentario para el que fuí designado, en un asunto agrícola, al parecer pobre, sin atractivo alguno, pero de gran importancia, cual es: "El cultivo y aprovechamiento de los terrenos de secano en España."

He de pedir se me dispense lo árido, lo poco atractivo de este tema, más siendo tratado por el que suscribe, sin embargo de ser un asunto que ha preocupado mucho por su importancia, pero que hoy con los adelantos de la moderna agronomía, no ofrece tantas dificultades como hace medio siglo, y es problema que se precisa abordar por necesidad y para bien de la nación, pues nuestra producción agrícola, tan mermada, cual lo es, no basta para sostener la competencia mundial que nos hacen del extranjero, ni para aumentar cual es debido nuestra población.

Creemos que ningún asunto debería hoy preocupar tanto al Gobierno y a todos los españoles, como el poder utilizar en la producción agrícola, las grandes extensiones de terrenos baldíos, los secanos, que suman una gran parte de nuestro territorio nacional. El día que se llegase a cultivar sólo la mitad de esos terrenos, sería rica y próspera España; ínterin la pobreza, la emigración y la miseria seguirán reinando en gran parte de la nación.

Toda la gran superficie central de España son o dehesas de insignificante producto o terrenos incultos, o a lo más, cultivados en barbecho cuatrienal, mal llevados y de ínfima producción; los sufridos agricultores, míseramente alimentados y vestidos pobremente, pasan la vida rascando la tierra (mejor dicho que labrar) para obtener una pequeña cosecha cereal, que pagados los impuestos, arrendamiento, gastos de cultivo, prestamistas e intermediarios, no les queda para poder vivir, ni sostenerse hasta la próxima cosecha, teniendo que ir al préstamo y a la usura, para pasar mucha parte del año trabajando en la ruda faena de la

labor con malos arados y flacas caballerías, desde antes de amanecer el día hasta la noche.

Este estado miserable del agricultor debe cambiar como ha cambiado en muchas naciones; teniendo presente que el adelanto de la agricultura de un país, se hace primero en el papel, en el libro, y después se lleva a las estaciones experimentales y a los campos. El progreso debe ser impuesto por las personas científicas; teniendo como lema, que tanto más rica será una nación, cuanto más impere en ella la ciencia agrícola.

La base de esta ciencia es la agronomía, y los adelantos y estudios agrícolas, y además, otros especiales en cada región, que sin separarse de los anteriores, tienen en cuenta particularidades a que han de amoldarse las condiciones de clima, de terreno y económicas. Por esto se comprende que en todo problema de producción rural, es preciso previamente un estudio agronómico, y que haya personas que a la ciencia agrícola se dediquen, como lo harían si se dedicaran a cualquier otra ciencia o profesión.

La ciencia agronómica tiene reglas generales que son aplicables a todos los cultivos, y da los conocimientos necesarios para estudiar las variaciones, que se imponen en cada clima y condiciones de cultivo. El estudio de la alimentación vegetal, la maquinaria agrícola, la zootecnia, procedimientos culturales, la instrucción, la asociación, la administración rural, etc., tienen bases científicas, que son todo lo que forma la nueva ciencia agrícola. Las reglas que del estudio científico se deducen, se ven sancionadas por la práctica; siempre el estudio científico ha salvado las grandes catástrofes agrícolas; por ejemplo, en la vid, los medios seguros de combatir el oidium, el mildiu, la filoxera, etc., han sido resueltos por el estudio científico. La agricultura antigua es hoy una ciencia con bases ciertas, demostrables; y este adelanto se ha operado en algo más de medio siglo.

Hoy hay pléyades de inteligentes agrónomos que van a la vanguardia estudiando todos los problemas agrícolas, difundiendo entre los agricultores los conocimientos necesarios para que puedan explotar útilmente sus tierras, como lo hace en la fábrica el industrial manufacturero; es preciso, pues, que los agricultores oigan y practiquen los consejos de los agrónomos, que en el gabinete, en el laboratorio, en el campo, aplican los conocimientos científicos al cultivo y producción de la tierra.

La reforma y adelanto en nuestra agricultura es necesaria; otras naciones con menos medios, han adelantado mucho, quedando nosotros rezagados; por lo tanto, es preciso mayor esfuerzo y entusiasmo para ponernos al nivel agrícola de aquellas naciones, y todos debemos contribuir a esta labor, la más útil y necesaria en España. Las naciones centrales de Europa entraron denodadamente en la reforma agraria, y continúan con un entusiasmo que ya desearíamos ver animados a nuestros agricultores.

Dice el malogrado ingeniero agrónomo Rodrigáñez, que "a principios del siglo XIX la situación de Alemania estaba caracterizada por una ganadería insu-

ficiente en cantidad y calidad, escasa producción de abonos, mezquinas cosechas, abundantes barbechos que representaban el 35 por 100 de la superficie cultivada; cuadro que parece ser un retrato fiel de todos los pueblos que no han hecho la evolución que las corrientes modernas imponen a las naciones que pretenden vivir dentro del movimiento económico de los países cultos. Esta situación ha cambiado de un modo tan radical, que hoy la propiedad alemana es administrada con todos sus progresos y que se estudian con afán."

No es este solo el ejemplo que puede citarse, son muchos, todas las naciones adelantadas; es la marcha seguida por todas las que dedican al trabajo y estudio agrícola, la constancia que su importancia tiene. Bélgica, con un suelo pobre y mal clima, es un buen ejemplo de lo mucho que vale en agricultura el estudio y aplicación de esta ciencia. Estos ejemplos deben servir al labrador español, para tener confianza y seguridad, que siguiendo las reglas científicas de la agronomía, y con su constante trabajo y progreso, conseguirá que nuestra producción agrícola se eleve y el porvenir del agricultor no desmerezca del que se obtiene en todas las demás industrias.

El adelanto de la agricultura en Francia, Alemania, etc., nació con la voluntad de los agricultores, y se ha desarrollado con la constancia.

Sería largo examinar las causas que influyen en nuestro retraso agrícola, basta enumerar las que tenemos en la falta de enseñanza agrícola, la protección oficial, la asociación, el crédito, la seguridad, los transportes, la intensidad del cultivo y selección, la ganadería, los montes, la maquinaria agrícola, las industrias agrícolas y principalmente el espíritu rural.

Este, que es muy esencial, no tiene que limitarse a los que viven de la agricultura, se ha de extender a todas las clases sociales, y sólo así por el concurso de todos se podrá obtener la evolución en la agricultura, en la manera como hoy se atiende a esta principal industria, que debe practicarse con las bases de la moderna agronomía y economía rural. El espíritu rural, encarnado en los agricultores, les llevaría a vivir en sus tierras, por la afición al campo, a las labores agrícolas, a que se unieran la inteligencia y conocimiento del agrónomo con la práctica, el cuidado, el capital del agricultor y del propietario rural.

Aun hoy se mira al agricultor con poco aprecio y se le cree casi un analfabeto; los que son instruídos y tienen buen espíritu rural, y se dedican a las experiencias y estudios modernos agrícolas, se les ve como un ser raro, casi maniático. Cuando se debe pensar que el agricultor que emplea sus recursos, su ilustración, su tiempo y su cariño a la agricultura, es un benemérito de la patria, y ésta debe pagarle con creces su sacrificio, y que ante la sociedad, merece la más alta consideración, porque sus servicios son de los más útiles y duraderos, y que revisten el carácter de utilidad general.

Hay que respetar a los hombres humildes que en el campo hacen una verdadera regeneración, aumentando la riqueza nacional; hay que ligar a esos hombres a las útiles empresas agrícolas; ese espíritu rural debe extenderse, para

que se pueblen los campos de edificios agrícolas en donde vivan felices con su trabajo familias labradoras, agricultores entusiastas. La historia de la moderna agricultura, demuestra que en todos los países adelantados se prodiga al agricultor la distinción que merece y la mayor simpatía. Si éstos encuentran protección y recompensa a su laboriosidad, el país progresa y se enriquece; esta es la historia de la prosperidad que tiene Francia y otras naciones; los obstáculos se vencen y no hay trabajo penoso ni ideal irrealizable que no se deba llevar a cabo.

Claro es, que se impone en nuestra nación mucha reforma en el cultivo, en la organización agraria; hay mucho que hacer en el campo, en los laboratorios, en las estaciones agronómicas y de experimentación, y mucho por parte de los propietarios rurales y los agricultores. Pero procurando todos infiltrar ese espíritu rural que tienen otras naciones, lograremos elevar nuestra agricultura y aumentar nuestra producción y riqueza. En el balance del adelanto agrícola de fin del siglo pasado, el sumando más interesante que integra el progreso agrario, es el espíritu rural que va encarnándose en los pueblos, en las comarcas y asociaciones agrícolas.

La indiferencia con que se ha mirado, y aun se tiene a la agricultura, es la causa del atraso en la riqueza de España; por eso aquí es muy necesaria la acción bienhechora del Gobierno; extendiendo la enseñanza agrícola en todas sus categorías y especialidades, la creación de establecimientos científicos de experimentación, premiando al que estudia problemas en el laboratorio y al que trabaja inteligentemente en el campo, al que dedica su capital a empresas agrícolas y, en fin, que cese de ser un presupuesto ridículo el de la agricultura oficial.

El labrador del siglo XX en España ha de ser diferente al del siglo pasado; éste, con su sobriedad, vecina de la miseria, con mala casa, alimentación y vestidos, casi siempre analfabetos, dominados por la usura y el caciquismo y los ganados pereciendo de hambre, vive el labrador probremente, lo que sólo podrían resistir por la humildad y sobriedad de nuestros hombres del campo.

En este siglo, es preciso labradores inteligentes, familiarizados con la maquinaria agrícola, los abonos, los medios modernos de cultivo, con la asociación y el crédito, con el conocimiento de los adelantos agrícolas. No ha de ser ese pobre gañán, que sudando todo el día, dando a la esteva toda su fuerza, con un arado que sólo rasca el suelo, pasa el día para no remover casi nada de tierra; ha de ser el labrador mecánico, que sentado sobre los grandes arados y máquinas, no necesita más esfuerzo que el del manejo de algunos manubrios y pedales; pero sí con mucha inteligencia en su trabajo.

Con respecto a la llamada evolución en la agricultura, el ilustrado Mr. Alex Lonay dijo en el IX Congreso internacional lo siguiente: que es bien preciso tener presente: 1.° que es una utopía querer transformar la agricultura en el cultivo hortícola; 2.° que es una heregía técnica, económica y social, considerar la subdivisión de los cultivos como un progreso; 3.° que conviene en interés general y en interés de la agricultura, de la industria y del comercio: a) inclinar

a los labradores y obreros agrícolas hacia la explotación en grande del dominio rural, principalmente por la cooperación y ponerlos en condiciones de realizar esta reforma de la manera más conveniente para obtener el mayor número de ventajas; b) preparar el excedente de la población rural para las empresas agrícolas y pecuarias, en Ultramar, con objeto de constituir colonias, con las cuales establecería la madre patria relaciones económicas; y 4.° para poder alcanzar este doble resultado, se necesita, ante todo, en su opinión, una enseñanza agrícola bien comprendida y bien organizada. La enseñanza agrícola debe penetrarse de las necesidades de la industria de los campos, en materia de instrucción científica, técnica, económica y profesional, y de la evolución, a la cual débese someter la agricultura, para mantenerse próspera y procurar a las poblaciones rurales el bienestar a que puedan legítimamente aspirar."

Son observaciones que vienen en favor de los cultivos extensos y entre ellos el de los secanos, en nuestra nación, que son tan necesarios e importantes, y por lo cual de ellos nos ocupamos.

La falta de extensión del cultivo en España, da como resultado la despoblación; y causa pena pensar en que sólo viven pobremente 40 habitantes por kilómetro cuadrado, cuando en Holanda, Inglaterra, Italia, Alemania y Bélgica, tienen de 100 a 200 por su mayor intensidad en el cultivo de su país.

Entre 19 provincias de España, que miden 267.000 kilómetros cuadrados, lo que representa el 52 por 100 del territorio nacional, sólo hay 21 habitantes por kilómetro cuadrado. Las provincias extremeñas sólo tienen 15 habitantes por kilómetro cuadrado; en fin, la población agraria de Jerez de la Frontera es inferior a 3 habitantes por kilómetro.

Además téngase presente que en Andalucía y Extremadura, hay grandes predios de 1.000 y hasta 2.700 hectáreas, sin casi ninguno o escaso cultivo. Estos datos nos llevarían a consideraciones sociales y sobre los remedios que puedan aplicarse a estos males; pero salen fuera de nuestro objeto; lo que sí podemos deducir, es la necesidad de que esos extensos predios, dedicados casi sólo a la caza, a lo más ganadería en corta escala, se cultivasen y produjeran lo que con los adelantos agrícolas modernos podrían producir; esos secanos que podrían cultivarse, y con el trabajo se produciría una enorme riqueza, el aumento de población y se evitaría en mucho ese desangramiento nacional, llamado emigración.

Datos estadísticos.—Los datos estadísticos dan mucha base para poder apreciar el estado actual de nuestra riqueza agrícola, y saber las producciones que debemos aumentar y superficies de terreno que deben ampliarse para que tengamos la cantidad de productos que se pueden obtener.

Las cifras que encontramos en varias estadísticas no son muy consoladoras para nuestra producción nacional; la renta de la propiedad rústica es solamente de unos 4.000 millones de pesetas, y de 2.300 la industrial; cantidades muy pe-

que el de España. Interín no se aumente casi en la mitad más nuestra producción, la nación será pobre, pudiendo ser próspera, si se explotara bien nuestra riqueza natural.

Las superficies clasificadas en grandes grupos de las regiones agrícolas de España, dan en total:

Dehesas de pasto y monte.	24.055,547	hectáreas
Tierras sometidas al cultivo.	21.702,880	»
Improductivas para la agricultura. . .	4.693,261	»
Superficie total territorial.	50.451,688	hectáreas

Distribución de la superficie cultivada:

Cereales.	16.295,056	hectáreas
Vid..	1.444,174	»
Olivo.	1.333,383	»
Los demás cultivos.	2.630,267	»
Totales. . .	21.702,880	hectáreas

Todo ello según los datos publicados por la Junta consultiva agronómica, y estadísticas formadas por los Ingenieros agrónomos de las provincias.

Aproximadamente, la distribución del territorio nacional, es la siguiente:

Hectáreas	Destino
16.600,000.	Dehesas, monte bajo y pastos.
7.000,000.	Bosques.
4.600,000.	Totalmente improductivas.
16.700,000.	Cereales y leguminosas.
1.600,000.	Viñedos.
1.400,000.	Olivares.
2.600,000.	Hortalizas, frutas, cultivos, arboreos, &.
50.500,000	De esta cifra la mitad 1,400,000, constituyen el actual regadio.

La primera cantidad, se descompone como sigue:

Dehesas.	3,000,000	16.700.000 hectáreas
Eriales y baldíos.	3,700,000	
Cumbres y escarpados. . .	10,000,000	

La estadística formada por el servicio agronómico, respecto a la producción agrícola de España, da como promedio de los diez primeros años del presente siglo:

		Superficie en secano y regadío — Hectáreas		Valor de las producciones — Pesetas	
Sistema cereal.	Cereales . . .	6.961,231		1,795.824,507	
	Leguminosas.	851,883		176.064,929	
	Barbechos . .	9 696,726		165.205,882	
	Rastrojeras. .	—	17.509,840	23.439,348	2,160.534,666
Vid . . .	Uva y mosto.	1.374,458		364.543,293	
	Orujos	—	1.374,458	13.368,541	374.911,734
Olivo . .	Aceituna y aceite .	1.349,156		192.154,621	
	Orujos	—	1.349,156	6.506,262	198.660,883
	TOTALES. . .		20.233,454		2,734.107,283

El producto del último decenio del siglo XIX, estas mismas producciones, dieron:

Aumento en el 1.er decenio del siglo XX. . . . 2.029,973 hectáreas
Valor de la producción de este aumento. . . . 328.142,914 pesetas

Se ve por lo tanto que el aumento de extensión cultivada en estos diez años, es más de dos millones de hectáreas, con aumento del valor de su producción de más de 328 millones de pesetas.

En detalle, el valor de las producciones, se evalúan en las siguientes cantidades:

	Pesetas
Pastos en dehesas y montes.	200.000,000
Hierbas, henos y forrajes de pradera	296.342,163
Pajas y rastrojos.	285.783,939
Trigo.	860.091,650
Los demás cereales (cebada, maiz, centeno, avena)	691.337,586
Leguminosas.	157.314,972
Rendimiento del viñedo.	377.911,734
Id. de los olivares.	198.660,883
Arboles frutales	175.745,095
Hortalizas.	350.943,965
Raices y tubérculos	263.740,806
Plantas industriales	34.029,005
Productos de la ganadería.	585.000,000
Aves y análogos	212.000,000
	4.688.901,798

El promedio en la producción en el último decenio ha sido: Cereal, pesetas 2, 160.534.666; de la vid, 374,911.734; y del olivo, 198,660883.

Las 16,600.000 hectáreas de territorio ocupado por dehesas, monte bajo y pastos (que ocupan la tercera parte del territorio nacional) en su producción anual no pasa de 15 pesetas por hectárea. Lo que demuestra la necesidad de cultivar gran parte de esta extensión para aumentar su producto, y esto se conseguiría aplicando los conocimientos de la moderna agricultura y los medios adecuados del cultivo.

Muy desconsoladores son también los datos estadísticos referentes a la extensión de riego que hay en nuestra nación; según la estadística publicada por la Junta Consultiva agronómica, año 1904, "El regadío en España", se reduce a las extensiones siguientes:

Regadío con agua de pie	794,550	hectáreas
Con aguas elevadas	96,928	»
Regadío eventual	339,616	»
Total superficie de regadío . .	1.231,094	hectáreas
Siendo nuestro territorio de	50.451,688	hectáreas

Siendo nuestro territorio de 50,451.688 hectáreas, resulta que las tierras que tienen el beneficio del riego permanente y eventual, no llega al 2 ½ por 100. Y si se compara con las 18,595.000 hectáreas de área cultural, que dice esa Memoria, no llega al 6½ por 100, y al 4½ si se calcula con la extensión que tiene riego permanente.

Este resultado es muy exiguo y por lo tanto debe utilizarse cuanto sea posible el agua de nuestros ríos para extender el área regable en la nación. Pero en este progreso hay que tener en cuenta los inmensos capitales agrícolas que serán precisos, para el establecimiento del regadío, y mucho más que por el capital fijo que exige esa mejora permanente, por los capitales circulantes de cultivo y explotación.

Por eso, aunque partidarios de empleo de los capitales en el regadío, creemos más próximo, más fácil, la utilidad que darían, dedicando una gran parte de ese capital a los cultivos de secano, que no exigen esos grandes capitales agrícolas permanentes y de gastos anuales. La principal prosperidad de España está en utilizar el gran territorio que tenemos, y que los cultivos de secano, sean bien establecidos y explotados.

Si actualmente muchos de los secanos cultivados en barbechos trienales y hasta de cuatro años y más, dan pequeño producto, no es justo desacreditar el cultivo de las tierras de secano; es preciso cultivarlas como se hace en otros países, especialmente en regiones americanas, en donde tienen sus terrenos y clima muy semejantes condiciones a los nuestros, y entonces, sólo aumentando la

producción en la mitad o dos tercios de la que tienen en esos países, se obtendría una gran riqueza, y con capitales agrícolas mucho más pequeños que los necesarios para el regadío.

Aunque se aumente otra tanta extensión en regadío (que no es posible) a la que actualmente existe, resultaría un 5 por 100 de la superficie territorial así beneficiada. ¿Cuánta mayor es la proporción del terreno de secano que puede ponerse inmediatamente en cultivo, sin casi ningún gasto, y cuán grande su utilidad?

No es preciso ilusionarse demasiado con creer què nuestra salvación agraria está solamente en el regadío; si se hacen cálculos verdad, basados en la ciencia Economía rural, resultará que donde está nuestra producción y mayor parte de la riqueza, es en el cultivo de los secanos. Los datos estadísticos anteriores son números que significan bien la importancia que tiene para España, el procurar poner en cultivo esa gran extensión que tenemos improductiva de secanos, que sería el primer factor de nuestra regeneración y prosperidad.

Lluvia y evaporación.—Tiene mucha importancia para el cultivo de los terrenos de secano, conocer la cantidad de agua de lluvia y su distribución y la evaporación, allí donde se pretenda utilizar terrenos con este objeto. Por eso creemos oportuno indicar los resultados de los observatorios meteorológicos que nos puedan interesar.

El agua de lluvia se distribuye en una parte que se evapora en la superficie del suelo y por las plantas y retorna a la atmósfera, otra se infiltra en la tierra, y es la que para nuestro objeto tiene mucha importancia, y la otra se escurre por la superficie del terreno va a los ríos y a perderse al mar.

Las proporciones entre estas partes son muy variables con las clases del terreno, su accidentación, clima y régimen de las lluvias. En las rocas, el agua que se escurre a los ríos es el 98 por 100 de la lluvia; mientras que en la arena, es casi totalmente absorbida.

En Francia se calcula en 400.000 millones de metros cúbicos de agua la lluvia total anual que cae sobre su territorio, de la que llevan los ríos 180.000 millones; la diferencia 220.000 millones de metros cúbicos es la absorbida por el suelo y evaporada; la relación entre el agua filtrada en el terreno y evaporada y la de lluvia, es, 0,55 o sea la mitad de la lluvia anual.

La evaporación del agua en vaso abierto es muy superior a la que se verifica en la tierra; esa relación, según Dousse, es de 1,41; según Mary-Davy, de 1,73; en la cuenca del Pó, en Turín, de 1,15, en el lago Fucino, 2,17, y en Roma, 3. Se comprende que un terreno labrado en gruesos terrones ha de evaporarse mucha mayor cantidad de agua, y que si el suelo es más liso y la labor de arar se termina por una pulverización y aplanamiento del terreno, la evaporación ha de ser mucho menor. Esto es muy importante tenerlo en cuenta para la retención del agua en los terrenos laborables.

La evaporación por los vegetales es muy variable: según Deherain, una hectárea cultivada de maíz evapora en un tiempo bastante corto, 11 metros cúbicos por día. En 12 horas un metro cuadrado de hojas en la viña evapora 0,054 kilogramos; los naranjos 0,071 kgs. Los árboles frutales, evaporan por año, próximamente, de 3 a 54 veces su peso y hasta 203 veces.

En la evaporación influye mucho la luz; el trigo da, expuesto al sol, una evaporación de 88,2 por 100 de hoja; a la luz difusa 17,7 y en la obscuridad 1,1. Se ve, por lo tanto, que en nuestro clima en que abundan tanto los días con espléndido sol, la evaporación por las plantas es muy grande, y por lo tanto, en el cultivo de los secanos, convienen plantas de poca superficie foliácea, como lo son los cereales.

El suelo cubierto de vegetación tiene mayor evaporación que desnudo; para 1 metro cuadrado de terreno plantado, hay las siguientes cantidades de evaporación: 6,88 metros en un campo de patatas; 10,95 de trigo; 16,93 de trebol y 11,75 en bosque de abetos. Según Risler, el agua evaporada es el 0,75 de la lluvia; en terrenos encespados.

La infiltración en el terreno, según Lawes, es de 28,6 al 36,8 por 100 del agua de lluvia; que va disminuyendo a medida que aumenta la profundidad; pues a 0,56 metros de la superficie es de 0,50 y a 0,20 es 1,50.

En resumen: de las aguas de lluvia el 0,45 (como promedio) van a los ríos; de las que el 30 por 100 son las escorredizas, y 15 por 100 las de infiltración. Kiroch dice debe tomarse como promedio: evoporación 0,531; escorredizas 0,275; y absorción 0,193.

Se deduce por lo expuesto, y otros estudios, que para que un terreno infiltre el agua de lluvia y la retenga, es preciso que la labor de arar termine por la pulverización de la tierra; que se cultiven plantas de poca superficie foliácea; y naturalmente que el suelo no sea inclinado. Además, el hacer regueros siguiendo las curvas del nivel del terreno y pequeñas obras para llevar y distribuir bien el agua en los campos, son medios todos, para utilizar y retener la mayor cantidad del agua de lluvia.

De las observaciones meteorológicas publicadas el año pasado, se pueden formar los siguientes grupos, según la cantidad de agua de lluvia anual:

	Lluvia anual en m. mt.
Que tienen al total de 300 a 400:	
Salamanca	279
Almería	310
Archidona	352
Huesca	359
Teruel	370
Zaragoza	333
Valladolid	317

	Lluvia anual en m. mt.
Lluvia anual de 400 a 500 m. mt.:	
Albacete	460
Alicante	491
Badajoz	487
Barcelona	458
Cartagena	444
Castellón	465
Córdoba	487
León	417
Madrid	490
Murcia	442
Segovia	471
Soria	460
Lluvia anual de 500 a 750 m. mt.:	
Cádiz	568
Cazorla	594
Ciudad Real	539
Coruña	684
Granada	541
Lisboa	725
Málaga	579
Pamplona	519
San Fernando	573
Sevilla	543
Lluvia anual de 750 a 1000 m. mt.:	
Cáceres	762
Coimbra	946
Escorial	819
Gibraltar	793
Jaen	781
Llanes	820
Lisboa	725
Mataró	811
Oporto	753
Orduña	825
Oviedo	900
San Fernando	573

	Lluvia anual en m. mt.
Lluvia total de 1000 a 1250 m. mt.:	
Bilbao	1122
Gerona	1044
San Sebastián	1245
Vigo	1232
Lluvia total de 1250 a 1500 m. mt.:	
Santiago	1399
La Guardia	1450

El Anuario del Observatorio Central meteorológico ha publicado las observaciones de 1913 por un mapa con curvas pluviométricas, comprendiendo las zonas de igual precipitación de lluvia, que se pueden reasumir como sigue:

Las cantidades anuales hasta 200 m. mt. (creemos es mayor la precipitación acuosa) comprenden una pequeña faja al S. E en la costa de Almería hacia Alicante.

La extensión que llega a las lluvias totales de 200 a 300 milímetros, es, encima de la anterior desde Almuñecar, cerca de Albacete a Valencia, y la costa, Alcoy y Villena.

La curva de 300 a 400 m. mt. comprende una gran extensión; desde la anterior, Almuñecar, Albacete, Valencia, Zafra, Guadalajara, Madrid, Toledo, Ciudad Real, Jaén y Granada.

La que comprende de 400 a 500 m. mt. encima de la anterior, Málaga, Jaén, Toledo, Cuenca, Teruel.

De 500 a 750 m. mt.; comprende la curva anterior, provincias de Córdoba, Cáceres y Sevilla.

La curva de 750 a 1.000 m. mt. comprende una buena parte de la península.

Las de 1000 a 1250, una gran parte de Galicia, hacia Oviedo, Bilbao y San Sebastián.

Las de 1250 a 1500 comprenden casi la mitad occidental de Galicia; parte entre Plasencia y Candelario; y otra pequeña superficie en Aracena (Huelva); más al Sur otra pequeña extensión entre Puerto Real hacia Oriente.

Más de 1.500 m. mt. solamente en unas pequeñas extensiones, entre Bejar, Plasencia y Candelario; entre Santiago, Coruña y Pontevedra; y entre Santander y Rivaderella (Asturias).

Resulta, que a excepción de unas pequeñas zonas en las regiones de Almería y Salamanca, en toda la península la lluvia anual es mayor de 300 milímetros y que de 300 a 400 m. mt., sólo comprende extensiones de Valladolid y Aragón. La extensión mayor de España está entre las lluvias anuales de 400 a 500 m. mt., que

comprende la mayor parte de las provincias centrales de España y parte de Andalucía. Las demás provincias exceden de esa cifra, y especialmente las del Norte. Estos datos son importantes, para demostrar que los terrenos de secano de nuestra nación, pueden cultivarse por los sistemas que luego diremos, y por lo tanto esta importante mejora puede extenderse en casi toda España.

Motocultura.—En las notas que di a la Academia en junio del año pasado sobre motocultura, publicadas en noviembre del mismo año, expuse la gran importancia de la labor de la tierra arable, con los motores a combustibles líquidos (gasolina, alcohol, etc.), ya con el empleo de tractores y moto-arados, ya de grande y pequeña fuerza; aquéllos aplicables a las fincas de gran extensión, y éstos a las de superficie reducida. Expuse las grandes ventajas y gran porvenir de la aplicación a la labor de arar, por estos motores y arados.

Como esto es una parte importante para que se cultiven en España muchas extensiones de terreno de secano, objeto de estas notas, creo conveniente dar algunas noticias posteriores, que acabarán de probar la necesidad de aplicar a nuestras labores del suelo dichos motores y arados.

En noviembre último publicaron los periódicos el buen resultado que había dado la Asamblea de agricultores, convocada por la Cámara Agrícola de Sevilla, para tratar del problema de la motocultura, y que se celebró en Madrid, en la Asociación de agricultores de España. El ingeniero agrónomo señor Fernández Cortes, leyó un magnífico trabajo sobre ese asunto, y después el señor Recines, sobre la supresión de los derechos arancelarios de la gasolina y petróleo brutos. El señor Huesca, Presidente de la Cámara Agrícola de Sevilla, encareció la urgente necesidad de colocar nuestra agricultura a la altura de la extranjera, prestándole facilidades para su desenvolvimiento y eficaz producción. Dijo que la aplicación de los modernos aparatos de motocultura a los campos andaluces se hace indispensable, y que no siendo posible afrontar los precios actuales de la gasolina y petróleo por los derechos arancelarios que pesan sobre los mismos, cree que precisa una actuación enérgica y decidida de los agricultores, ya que la supresión de dichos derechos no impone menoscabo alguno para el erario nacional. Pidió que se nombrase una comisión que actúe de comité ejecutivo para facilitar las gestiones.

El Comisario regio de Fomento de Valencia, conde de Montornés, recordó, que en abril último hizo una campaña análoga a la de ahora, haciendo ensayos y publicando folletos, sin lograr que el gobierno diérase por enterado.

El señor Díaz Morris, representante de Zaragoza (Aragón), dijo que los agricultores son los parias de la producción; que cree tan justo lo que se pide, que ofrece sus servicios en la comisión de presupuestos del Senado, y que en caso de fracasar las gestiones de los agricultores, rompería el acta por entender que antes que la política está la agricultura, fuente de la riqueza nacional. Los seño-

res Padros, Vizconde de Val de Erro, Soriano, León y Marqués de la Frontera, se adhirieron a esas manifestaciones.

En fin, terminó esta importante Asamblea aprobándose por unanimidad las conclusiones siguientes:

1.ª Felicitar a los señores Fernández Cortes y Recines por sus trabajos, los que serán publicados y divulgados lo más posible. 2.ª Celebrar ensayos y concursos que sienten las conclusiones técnicas de aplicación de la motocultura. 3.ª Nombrar una Comisión. 4.ª Gestionar el obtener la rebaja arancelaria de la gasolina.

El diario "El Noticiero de Sevilla" de 11 de octubre, publicó una bien escrita reseña de las experiencias sobre la motocultura realizadas en campos de la Ciudad de Morón, en presencia de representantes de entidades agrícolas e ingenieros, los que se practicaron en la finca "Los Ojuelos", propiedad del entusiasta presidente de la Cámara agrícola de esa ciudad, don Pedro Sánchez Hargüen. Con el automotor Big-Bull en vesanas de casi dos kilómetros, a profundidad de 0,17 metros, por rejas de vertedera que manejó "el que fué famoso torero, y hoy es ejemplar agricultor", haciendo observar la buena labor, sencillez del manejo de la máquina y en las vueltas, calificándole de "cultivador necesario para los campos andaluces en el fatigoso estío, proclamando el Sr. Sánchez Hargüen, que ese tractor Big-Bull, hace una labor de dos hectáreas y media por cada día, y que con él pueden labrarse los olivares adecuadamente. La fuerza del tractor es de 25 caballos efectivos, su consumo de gasolina de 25 litros por hectárea, con un gasto de 20 pesetas, que pueden disminuirse a 15, utilizando el benzol, aunque ambos combustibles debieran obtenerse a precios más económicos, ya que en Méjico (según datos) cuesta a 6 céntimos el litro y que aún cargándole 4 céntimos por los fletes, no debiera exceder el precio de 10 céntimos, cuando les cuesta allí en Andalucía a 30 céntimos litro.

Según dicho propietario, "el rendimiento de las cosechas es tan asombroso comparado con el de las rutinarias labores, que sus fincas han producido 27 por unidad, y en cambio los que cultivan por el sistema antiguo, escasamente llegaron a 5."

En vista de tan buenos resultados, los importantes agricultores que asistieron a esas experiencias en Morón, acordaron una campaña intensa en Andalucía, propagando la motocultura y solicitar que la Dirección general provea de un auto-motor a la Granja Oficial de Sevilla, para que sus ingenieros divulguen la aplicación de tan importantes labores.

Teniendo plena convicción de que la motocultura ha de ser de gran importancia para la agricultura en España, he procurado obtener muchos datos de las experiencias practicadas con los auto-motores y con los arados arrastrados por tractores, de combustibles líquidos (bencina, gasolina, petróleo, etc.), que sería muy extenso reseñar, lo que tal vez será objeto especial de otra Nota, cuando haya adquirido más datos que he pedido a los Estados Unidos, especialmente, pues es allí donde esta maquinaria agrícola tiene la mayor importancia y aplicación.

Averiguando que en Jerez de la Frontera habían verificado experiencias, mi compañero don Francisco de la Puerta, ingeniero, Jefe de la Sección agronómica de Sevilla, me ha proporcionado datos que son muy interesantes. Las experiencias se verificaron en una finca de don José Domecq, y dieron excelentes resultados, y la Granja oficial de Sevilla, ha adquirido un tractor Big-Bull, que me dice, en fecha de 2 de marzo, que está para llegar.

El tractor ensayado con tanto éxito, es el llamado de Mogul de 8-16 caballos, que labra al día con un bisurco unas dos hectáreas y el coste de la labor (según me dice dicho ingeniero agrónomo), todo comprendido es de unas 30 pesetas la hectárea, "que disminuirá mucho con el precio de la gasolina".

Las características del tractor "Mogul" de 8-16 H.P.: de 8 caballos en la barra de tiro y 16 en la polea, son:

Consumo de aceite combustible por hora . . . . . 7 litros
Id. id. id. por hectárea . . . . 35 »
Id. id. id. al día . . . . . 70 »
Precio del aceite, 60 céntimos kg. y 50 el litro.
Velocidad del tractor por hora, 3200 metros.
Capacidad por hora con un Brabant n.° 2. . . 960 m. cuadrados
Id. id. con un bisurco Parlin. . . 2080 »
Profundidad de la labor, con un Brabant n.° 2; 30 a 32 centímetros
Anchura id. id. id. 30 »
Profundidad con el bisurco Parlin. . . . . 10 a 20 centímetros
Anchura id. id. . . . . 65 a 70 »
Motor a cuatro tiempos, admisión, compresión, explosión y escape.
Mezclador especial para aceite combustible, benzol, kerosina, petróleo y gasolina.
Transmisión por cadena.
Marcha adelante y atras.
Guía automática para labrar sin que nadie la guíe.
Precio con un Brabant doble n.° 2 o un bisurco Parlin. . 9500 ptas.

Por lo que me ha dicho en carta el señor Presidente de la Cámara Agrícola oficial de Sevilla, en Andalucía se ocupan mucho del importante asunto de la motocultura, y diversos grandes propietarios de Utrera, de Morón, y otros distritos, han aplicado el procedimiento de la motocultura en sus explotaciones agrícolas, con buen resultado, tratándose actualmente por iniciativa de esa Cámara agrícola de celebrar en la provincia, en el más breve plazo posible, un Concurso de maquinaria, en la que entrará como factor los grandes motores, y de ese Concurso, que tendrá un carácter oficial, se esperan muy buenas orientaciones en las labores del terreno.

También don Pedro Sánchez de Hargüen, de Morón, en carta reciente, me dice que ha comprado un motor de explosión con el cual está arando sus fincas.

El periódico "El Liberal de Sevilla", publicó un resumen de las experiencias que hemos citado de motocultura, que califican de extraordinaria trascendencia para la agricultura. Dice que ese aparato hizo una labor perfecta de 0,17 metros de profundidad, en recorrido de 1650 metros de vesana, y al volver, con la mayor facilidad y sencillez, levantando las rejas del arado, en curvas y ondulaciones del terreno, dió con iguales profundidades perfectos surcos, produciendo 27 simientes en vez de 5, en los campos inmediatos labrados y cultivados a usanza de antigua rutina; esperando poder sustituir a la escasa labor de las yuntas, que achicharradas perecen en los calurosos veranos de esa región andaluza. Repite igualmente que la labor con ese motor son de 2 ½ hectáreas y de 26 hectáreas cada 24 horas; con consumo de 25 litros de combustible por hectárea, costando con gasolina 20 pesetas y 15 con benzol. En fin, se lamenta de que siempre el aspecto tributario encarezca a 30 céntimos el litro cuando solamente debería pagarse 10 céntimos. Ante tales experiencias se convino por las Cámaras agrícolas de Sevilla y de Morón, pedir la desgravación de combustible para la maquinaria agrícola de que tan necesitados están aquellos campos, y llegar a la producción necesaria para el pan de cada día y reconstitución económica de España.

El ilustrado, inteligente y entusiasta agrónomo señor Ayuso, Presidente de la Cámara agrícola de Tortosa, dice en el Boletín de la misma, en un magnífico artículo, que: "ante la creciente penuria de la mano de obra agrícola, que con tanta intensidad deja sentir sus efectos en los países beligerantes y que amenaza repercutir en los neutrales, y más particularmente en España, donde aun no terminada la guerra, es verdaderamente alarmante el éxodo de obreros campesinos, que en breve ha de constituir un problema de difícil solución, creía de indiscutible oportunidad dar detallada cuenta de los ensayos de motocultura practicados en Aviñón, demostrativos de lo mucho que preocupa a nuestros vecinos los franceses, a pesar de la grave contienda en que están empeñados, la urgencia y necesidad de sustituir el trabajo escaso y caro del hombre por las máquinas, en todo cuanto éstas puedan y sean susceptibles de ejecutar".

Esto es muy cierto, y en España debemos ocuparnos mucho de este problema, pues sólo la maquinaria agrícola moderna, puede salvar nuestra precaria producción y no quedar sumidos en la miseria. Con terrenos fuertes para la labor, escasez de forrajes y débiles yuntas, no se pueden hacer buenos trabajos; resultan caros y deficientes; con barbechos cuatrienales, sin abonos y con calores abrasadores, el cultivo cereal (el principal de España) no es posible obtener buenos rendimientos del suelo, y contra la competencia extranjera, de agricultura modernizada y progresiva, todo ello hará que cada año empeore nuestra producción y que aumente la miseria del agricultor, que no le queda más remedio que la emigración.

Las experiencias de Aviñón se efectuaron en parcelas de terreno de dos hectáreas, haciendo labores de rastrojeo y de labor profunda. Las pruebas y sus resultados fueron en resumen las siguientes:

La Sociedad American Tractor, con el titulado (Emerson" de 4 cilindros

de 20 H. P. en la polea y 12 en la barra de yunta; peso 2700 kilogramos; montado sobre 3 ruedas; radio para las vueltas de 5 metros por 15; su precio es de 12.600 francos. Rastrojeo a 0,11 metros de profundidad y 1 metro de anchura con un trisoc. En 2 horas 54′ labró 9630 metros, consumiendo 26 litros de esencia, que a 0,65 francos, resulta a 17,54 por hectárea. Ese tractor, en labor profunda y con el trisoc, a 0,20 metros de profundidad y anchura de un metro, labró en 3 horas 26′ unos 9548 metros cuadrados, gastando 30 litros de esencia, resultando 20,42 francos por hectárea.

El tractor "Amanco" de E. Verhaghe, alimentado con petróleo de fuerza 24 H. P. en la polea y 12 en la barra de tracción, con peso de 2000 kg., montado sobre cuatro ruedas, y precio de 9.500 francos, efectúa la labor de rastrojeo a profundidad de 0,10 metros y anchura de 1,15 metros, levantó 9442 metros cuadrados de terreno en 2 horas 49′, consumiendo 21 litros de petróleo, que a 45 céntimos, importa por hectárea un gasto de 10,26 francos. En la labor de profundidad, a 0,20 metros, resultó un gasto de petróleo (al precio dicho) de 14,17 francos por hectárea.

El tractor "Mogul", de la Compañía Internacional de máquinas agrícolas de Francia, de peso 2.400 kg. sobre 4 ruedas y precio de 9.000 francos, efectuó la labor de rastrojeo a 0,10 metros de profundidad y ancho de 0,90 metros, con un trisoc, removiendo 9.240 metros cuadrados en 3 horas 5′, cosumiendo 22 litros y un valor por hectárea de 15,67 francos. En labor profunda a 0,20 metros, el gasto fué de 24,50 francos por hectárea. El aparato tiene buenas condiciones.

El tractor "Bull", de 8 H. P. de fuerza en la barra, y 16 en la polea; su peso 1.800 kg.; montado sobre tres ruedas; una la rueda motriz que vá sobre el surco, lo que permite al tractor guiarse solo. El precio de 8.200 francos. La labor de rastrojeo con trisoc y a 0,12 metros de profundidad y 1,15 de anchura, con combustible de gasolina, resultó a 10,72 francos por hectárea. En labor profunda, de 0,20 mt., que dió un gasto de 18,47 francos por hectárea.

En mis citadas notas entregadas a la Academia en junio de 1915, llamé la atención sobre la motocultura, como asunto de gran importancia para nuestra agricultura, ocupándome de la comparación de la labor de arar con locomóviles de vapor, con tractores de combustibles líquidos, y con los llamados moto-arados pequeños, que han de resolver estos últimos, un problema importantísimo, para contrarrestar el conflicto de la subida en los precios de los jornales, sustituyendo en el pequeño cultivo las labores ordinarias de arar; creemos (decía y me afirmo más hoy) que el moto-cultivo es la solución de la labranza de la tierra y principalmente en nuestro país; que si el moto-arado tractor de 8 a 12 rejas y fuerza de 40 caballos o más, es elemento necesario en los grandes cultivos, en las explotaciones medianas, el moto-arado pequeño, puede sustituir al trabajo de arar de las caballerías. Decía hace algo más de un año, que tal vez no se haga esperar mucho el que los pequeños motores en manos de modestos trabajadores, efectúen las siembras, siega, labor de arar y demás operaciones agrícolas y que se efectúen

con esta fuerza, que por los adelantos de la maquinaria, resultara económica, cómoda y a propósito para múltiples labores. Decía igualmente, que el moto-arado para grandes labores va sustituyendo a la labor por vapor; los pequeños moto-arados irán sustituyendo los actuales medios de arar por yuntas y facilitar la labor de la tierra.

Con gran velocidad, todo ello se va realizando en el espacio sólo de dos años; confiamos que en otros dos años veremos extendida la motocultura por mucha parte de España, a cuyo gran progreso, han de contribuir muy especialmente las Sociedades Científicas, las agrícolas, los ingenieros agrónomos y los agricultores instruídos.

Son ya muchísimos los modelos presentados en el comercio de máquinas agrícolas, de los pequeños moto-arados que sería largo reseñar, pero que tal vez en otra nota especial podamos hacerlo. Pero en general, pueden reducirse a dos sistemas los moto-arados pequeños, para la aplicación del motor: el llamado rígido, en el que están aplicados directamente al armazón del arado, formando una sola máquina; y los de sistema flexible, móvil e independiente el motor del arado, enganchándose el primero a éstos, por diversas formas. Del primer sistema de fuerza de unos 8 a 10 caballos, se aplicarán a extensiones de 25 a 40 hectáreas; en ellos el conductor no va sentado, maniobra las manceas como en los arados usuales, regulando el motor por estilo que lo hace con el tiro de las caballerías. En los moto-arados de tamaño medio, para fincas mayores, el conductor va sentado, y los arados u otras máquinas se enganchan, empleándose los mismos instrumentos que para el tiro directo actual. Decíamos también que el motor desenganchado sirve en la granja como motor para todos los trabajos, como son la trilla, cortadores, transportes, etc.; ya se comprende la importancia de la introducción de los moto-arados, porque sirven para casi todas las faenas agrícolas, economizando el trabajo del obrero y de las yuntas de caballerías. Como resultados generales de estos moto-arados, citábamos, de sólo una reja, que labra 67 áreas durante 8 horas a 0,15 metros de profundidad, gastando a razón de 26 litros de benzol por hectárea; otras de consumo de 15 litros, para profundidad de 0,12 metros; los moto-arados de dos rejas llegan de 40 a 60 centímetros de profundidad.

Hace pocos días que la importante revista "El Progreso Agrícola y Pecuario", que se publica en Madrid, se ocupó de los tractores pequeños y experiencias de las campañas de 1915 y 1916, comparando las ventajas de estos motores, sobre los de vapor que se han usado mucho, pero que ya la motocultura va sustituyéndolos.

En los Estados Unidos del Norte de América está muy generalizado el uso de la motocultura, pues leemos que sólo en el año 1916 las fábricas americanas habían construído unos 20,000 tractores pequeños. Las experiencias verificadas en aquel país, Francia, Italia y aun España, han comprobado el gran porvenir de esas máquinas agrícolas. "Los gobiernos alemán y austriaco, votaron cré-

ditos para adquirir de sus fábricas nacionales todas las existencias de moto-arados, para ponerlos por medio de las Cámaras agrícolas y con las garantías adecuadas a disposición de las provincias más perjudicadas por la guerra y han fomentado, por todos los medios este movimiento, recomendando y facilitando asimismo la importancia y aplicación general de máquinas americanas adecuadas, por no existir esta clase de fabricación en aquellos países"; se fundaron estaciones permanentes de ensayo de estas máquinas, escuelas de moto-cultivo y de conductores de moto-arado; los Gobiernos encargaron a los Ingenieros agrónomos hicieran viajes de propaganda del moto-cultivo por todos los centros agrícolas. Se celebraron en todas partes concursos de moto-cultivo (¿cuándo se llevará a cabo el primero y tantas veces anunciado en España?) para enseñar a los labradores las máquinas más a propósito"; así se expresa el señor Otte en un importante artículo publicado en la revista antes mencionada.

Además de Aviñón, se han hecho ensayos oficiales en Grignon por Mr. Ringelmann y varias Asociaciones de agricultores en Francia; y lo mismo en Italia e Inglaterra.

En Francia la Compañía de los ferrocarriles de París a Orleans, transportó gratuitamente aparatos de moto-cultura, que se ensayaron en muchísimas poblaciones, recorriendo así 19 provincias.

En los Estados Unidos, con el pequeño motor Big-Bull, antes citado, se labraron una semana entera sin parar (hasta con reflectores) para probar la perfección de la máquina. Ya se ha dicho los trabajos en Morón y también se han hecho en la provincia de León, y dice dicho artículo que han sido encargados muchos más de esos tractores por diferentes labradores españoles. Un tractor de ese tipo de 10/12 H. P. ha labrado en las tierras andaluzas y del norte de España, en Verano y en Otoño, una hectárea en 4 horas, gastando menos de 25 litros de esencia, y un litro de lubrificante; habiendo segado en condiciones difíciles, con una atadora de 1,50 metros, 12 hectáreas, con gasto de menos de 5 litros de gasolina por hectárea; resulta así la siega mecánica 4 veces más económica que con tracción de sangre y a destajo que en León cuesta a 20 pesetas. Dice que con una segadora de 2,40 metros se pueden fácilmente segar 16 hectáreas por día.

Dicho señor Otto reasume las ventajas que tienen los tractores, sobre las labores por el vapor, en las siguientes: Que se puede trabajar con los pequeños tractores la mayor parte del año, lo cual no sucede con los arados de vapor, si la tierra está muy húmeda; se ponen en marcha inmediatamente y no así las locomóviles; manejo más fácil, pues pueden llevar las mujeres la labor por los motores de gasolina u otros combustibles líquidos; tienen éstos mayor rendimiento que los motores a vapor, en esta clase de trabajo, sin tener que transportar tanto peso muerto, carbón y agua; los tractores se pueden emplear directamente en muchas aplicaciones en las Granjas; el coste de compra es menor; no tienen el gasto continuo que ocasiona el ganado de labor; si con el coste de un

tren de vapor se compran tractores pequeños, se pueden adquirir varios y no paralizar nunca los trabajos aunque se inutilice alguno de ellos. En fin, tienen los tractores sobre los motores de vapor, y de sangre, muchísimas ventajas, en el coste de la labor, en su velocidad, fácil manejo y diversas utilizaciones; es el motor agrícola que se abrirá paso sobre todos los usado ahora. Falta que, suprimiendo los impuestos que gravan los precios de la gasolina, bencina, petróleo, etcétera, puedan consumirse estos combustibles al precio a que resultarían en España; que es lo que actualmente deben solicitar y conseguir del gobierno los agricultores.

El año pasado el Consejo provincial de Valencia publicó un interesante trabajo de su Presidente, el señor Conde de Montornés, ilustrado agrónomo, entusiasta, infatigable agricultor, sobre Motocultura, dando cuenta de modernas experiencias, sobre motores y tractores para la labor agrícola, verificados en Allainville (Francia), los concursos de Grigny y en Chevry-Cossigny.

También la Asociación de Agricultores de España, ha publicado este año los resultados satisfactorios de la Asamblea de Motocultura celebrada en 25 de noviembre de 1916, que no estractamos, por ser algo extensa; en la que se prueba la utilidad y conveniencia de la motocultura, de cuyo importante adelanto agrícola, daré cuenta a la Academia en otra nota.

Las estepas.—Es también dato importante para probar la necesidad del cultivo de los terrenos de secano, las formaciones esteparias que hay en nuestro territorio.

En la magnífica obra del Dr. D. Eduardo Reyes Prosper, titulada "Las estepas de España y su vegetación", puede leerse la importancia de estas grandes extensiones de terreno que hay en nuestra nación, las que llama "salinas" y que ocupan unos 72.000 kilómetros cuadrados, denominándolas así cuando en los suelos existe la sal común.

Define las estepas diciendo, que: "son extensiones de territorio en cuyos suelos dominan extraordinariamente la arcilla o la cal; el mantillo o humen se encuentra en ellos en cantidad pequeña, llegando a veces a faltar. Las temperaturas que allí se experimentan son de extremada calor estival e intenso frío en invierno, y hay siempre gran diferencia entre las que corresponden al día y a la noche en un mismo lugar. Las lluvias son escasas durante el año y son mal compartidas; que el agua cae en una o escasas épocas anuales, y en el resto del año o sea casi todo él, existe gran sequedad. La vegetación está compuesta de hierbas y matas a las que a veces acompañan arbustos."

En nuestras estepas peninsulares, esas condiciones no las creemos tan extremas; los terrenos son mejores y si las lluvias no son abundantes, ya se ha dicho que no descienden a menos de 400 milímetros, en general, excepto pequeñas extensiones del terreno.

Leyendo esa magnífica obra, en la que describe las formaciones vegetales

esteparias y las aplicaciones de estas plantas; presentando análisis químicos de plantas forrajeras esteparias, que demuestra que "la mayoría de las plantas espontáneas de las estepas salinas son forrajeras y muchos de dichos vegetales atesoran elementos nutritivos en alto grado".

En una palabra, citamos esta obra para que sea una prueba evidente la importancia que tiene en nuestra nación el cultivo de los terrenos de secano, por el sistema Dry-Farming y que es de esperar su buen resultado, para el cultivo de esas grandes extensiones de terrenos llamados "secanos"; esto además combinando aquel sistema con la alternativa de plantas leguminosas, o sea combinando aquellas labores del cultivo americano, con las reglas del agrónomo Solari y del Profesor Vill; es decir, induciendo el nitrógeno atmosférico al terreno y a las plantas que faltan en esos terrenos, para obtener de ellos buenos resultados, en vez de dejarlos casi estériles o en barbechos cuatrienales y en el mayor abandono cultural.

Colonias agrícolas.—De grande importancia es el problema de la colonización interior de España, objeto de magníficos discursos, de bien acertadas disposiciones oficiales, pero que nunca se le da realmente la preferencia que debe tener para bien de la nación.

La Junta de colonización interior y muy especialmente los dos ingenieros agrónomos que en ella se ocupan, hacen grandes esfuerzos de trabajo, de estudio, de laboriosidad, pero se estrella su buena voluntad ante un presupuesto tan mezquino, que les imposibilita desarrollar sus estudiados planes. Basta leer en las memorias de esa Junta, y en las que se han dado de las pocas Colonias que se están estableciendo, los exiguos presupuestos de que están dotados, para comprender que casi nada pueden hacer; y a pesar de esta penuria, han conseguido demostrar su aplicación y las ventajas de colonizar muchas extensiones de terreno, que parece imposible con tan insignificante gasto obtener el resultado que tienen.

En una Conferencia que desarrolló el ingeniero agrónomo señor Torrejón y Boneta, en la Semana agrícola de Sevilla, hace un año, clasifica las colonias agrícolas en tres categorías: las de zonas regables; de grandes predios de secano sin arbolado; y de marismas y terrenos pantanosos.

Respecto de las segundas, enumera los grandes predios que hay en España, citando a Jerez en cuyo término municipal que tiene más de 140.000 hectáreas, y en que el número de predios en relación al de propietarios, es de 1,6, correspondiendo como promedio a cada propietario 688 hectáreas; y que la población diseminada por el campo es muy poca; cita el coto de Doña Ana, que está enclavado en medio de un desierto de 2.250 kilómetros cuadrados, al otro lado del Guadalquivir, en que se establece la colonia agrícola oficial de la Algaida.

Dice este ingeniero, que aunque entusiasta del hidraulismo, no impide que con el mismo entusiasmo defienda también la causa que desde tiempo antiguo está

planteada en estos secanos, para obtener de ellos todo el provecho que reclama la economía nacional. El desarrollo de ambas acciones no es incompatible; las dos pueden ser simultáneas, sin gravar más por ello el presupuesto de Estado; máxime cuando las obras de colonización apenas requieren sacrificios en dinero, y sí solamente la autoridad y el auxilio moral que impone y otorga el ejercicio de su soberanía.

Debe iniciarse un sistema que permita combinar la potencia individual del obrero, con el principio de asociación, que facilite las grandes labores. Así se estaria y se llegaría a la completa armonía entre los intereses de los propietarios terratenientes, los labradores y los jornaleros; la potencia individual con el principio de asociación, es uño de los fundamentos de la vigente ley de Colonización; igual espíritu tiene un proyecto que fué presentado a las Cortes.

La legislación de Colonias, de la Junta de Colonización y repoblación interior, las Instrucciones para el Régimen interior de los servicios, así como la Memoria elevada a las Cortes sobre colonización, etc., son documentos importantes, que tendrían gran resultado y que es de desear sea todo implantado, para que se aprovvechen grandes extensiones de terrenos, hoy improductivos casi y que darían productos y trabajo a millares de obreros, evitando en parte la emigración.

En una magnífica Memoria de la Junta central de Colonización y Repoblación interior, en la que se relacionan los trabajos realizados por la misma durante los años 1912 a 1914, se expone el estado de las Colonias establecidas, que son las siguientes. la llamada de Els Plans (Alcoy-Alicante); de El Puerto Castillo Locubin (Jaén); de Sierra de Salinas (Villena-Alicante); de La Algaida (San Lucar de Barrameda). Se proyectan nuevas colonias, como son las de: Higueruela y Valles (Cáceres), Cañameros de Jerez; Cerrillo verde (Madrid); Mongó (Alicante), etc., que es de desear se realicen, ya que tan buen ejemplo han dado las cuatro colonias citadas, dirigidas por ilustrados ingenieros agrónomos, las que con un gasto insignificante, con toda economía, han sabido demostrar lo mucho que podría hacerse aplicando los conocimientos agronómicos a la colonización interior, y la utilidad que reportarían en la producción la riqueza nacional y trabajo de muchos obreros; a la vez establecimiento de familias formando poblaciones rurales, sirviendo de magníficos ejemplos, y evitando en parte la emigración de obreros agrícolas.

Todos estos son datos que prueban la necesidad de los cultivos de los terrenos de secano en España, y por eso los citamos como demostración de que hay que hacer por todos los medios, que no tengamos en España tantos kilómetros cuadrados de extensión sin cultivar y sin casi ninguna utilidad; yermos y con grandes superficies deshabitadas y desiertas.

El regadío y el secano.—De los 21 millones y medio de hectáreas que en números redondos mide la superficie reducida al cultivo en el territorio nacional, han de pasar muchísimos años para que los sistemas hortícolas y de cultivos

arbustivos, lleguen a ocupar más de una tercera parte de dicha extensión, y las otras dos terceras partes tendrán que seguir cultivándolas por el sistema cereal con barbechos bienales o trienales, ya blancos u holgones, o semillado de leguminosas, tubérculos o raíces. Esa gran extensión de terreno tendrá necesariamente que cultivarse de secano, y representa nuestra mayor riqueza agrícola, ya que excede de unos 1.500 millones de pesetas el valor de su producción; además de los aprovechamientos de los pastos, que tienen una gran y doble importancia, para la producción pecuaria y dar el ganado empleado para la labor en los cultivos.

Desgraciadamente esto será verdad durante muchos años; es un mal que debe disminuirse cuanto se pueda, introduciendo cultivos intensivos, y disminuir los barbechos.

Es importante, además de los cereales, tener la mayor cantidad de forrajes; sabido es el antiguo principio agrícola de: "sin prados no hay ganados, sin ganados no hay abonos, y sin abonos no hay máximas cosechas"; principio que no puede admitirse, en general, en la moderna agricultura, pues los abonos artificiales, la maquinaria y sistemas de cultivo, hacen prescindir en parte de esa cadena que dice el antiguo refrán.

Hay un grande error en creer que sólo el regadío es la salvación de nuestra agricultura; la obra "Prados y pastos", publicada por la Junta consultiva agronómica, critica las exageraciones en el sistema de regadío e intensivos, y dice: "supongamos que se tuvieran todos los elementos necesarios para nuestra reforma agrícola; que se llegue a duplicar la superficie actual de regadío, hasta dos y medio millones de hectáreas, que se aumentase en un 50 por 100 las plantaciones de secano de la vid y olivo, extendiéndolas a 4 millones de hectáreas; que por la introducción de nuevas especies herbáceas o arbustivas se cultivase 1 ó 1 ½ millones de hectáreas; aun así nos quedarían más de 12 millones de hectáreas que se habrían de explotar por el sistema cereal extensivo. A esta gran área de tierra laborable, cuyas tres cuartas partes están distribuídas entre las provincias de ambas Castillas, las béticas y las extremeñas, tienen incuestionable derecho, a los estudios del agrónomo, a las predilectas atenciones del estadista y a la protección de los gobiernos".

La asociación del cultivo con la industria pecuaria, es conveniente, pues en los cultivos de secano quedan las rastrojeras, y los terrenos del barbecho, que por las labores anteriores y por la alternativa de leguminosas, dan pastos que tienen gran valor, y que favoreciendo a la ganadería, lo hacen a la agricultura por sus carnes, el ganado de labor y el estiércol. La adaptación de los principios científicos a las condiciones locales agrícolas y económicas, es la obra magna del agrónomo. Su estudio en cada caso particular es el trabajo científico del ingeniero y de los agricultores instruídos.

Dice la citada obra, que aboga en defensa del gran cultivo cereal con barbechos, prefiriendo para este sistema, el cultivo de tres hojas, siempre que, como acontece en las buenas tierras de Andalucía, el tercio que queda inculto, ofrezca

por su espontánea vegetación, prados anuales que pueden ser valioso recurso para la crianza del ganado. Si el barbecho es semillado con leguminosa, en todo o en parte, creen que el sistema de tres hojas constituye una verdadera rotación de cultivo; nosotros creemos que se debe cultivar con barbechos de año y vez, y no dejar sin remover la producción cereal cada tres años.

No se crea que alcanza pequeña cantidad el valor de la producción forrajera en España, pues según estadísticas formadas por los ingenieros agrónomos, se evalúa como sigue:

	Pesetas
Pastos en dehesas y montes	194.686,885
Hierbas, henos y demás forrajes	296.342,163
Pajas y rastrojos de todas clases	285.783.939
Total anual.	776.812,987

Cantidad que se puede aumentar mucho cultivando gran parte de los secanos, por los sistemas modernos, como luego se indicarán.

Es indudable que para cada sistema de cultivo es preciso la enseñanza agrícola, cuyos medios pedagógicos se han de atener a las condiciones naturales de cada región, y poseer todos los datos que determinan lo que se ha designado en conjunto con el nombre de fisiografía agrícola del país.

Como decíamos en la Memoria citada, no se debe esperar nuestra regeneración agrícola solamente de los riegos, pues la cantidad de agua que a ellos puede destinarse no es grande, y sólo se podría llegar a fertilizar una pequeña proporción, de la gran superficie a que nunca podrá alcanzar el riego; esa gran superficie, es y ha de ser cultivada como terrenos de secano, y la proporción del producto de estos terrenos al total en España, es grandísima comparativa con la que puede dar la superficie a que es posible aumentar el riego. Por esto creemos que los agrónomos, los ingenieros, los agricultores todos, deben dedicar mucho su atención y estudio al problema magno del cultivo de los terrenos de secano en España; base importante de nuestra riqueza y regeneración. Esto sin olvidar la mucha importancia que tiene para España aumentar los terrenos de regadío y llegar a utilizar en los mismos toda el agua que llevan nuestros ríos a perderse en el mar.

Cereales y cultivo arbustivo.—Los ilustrados ingenieros agrónomos, señores Ortíz y Cañavate, publicaron hace algunos años una obra titulada "Los cereales de secano", en la que demuestran la importancia de este cultivo y para el que influyen muchas causas, como son en todas las producciones agrícolas de nuestro país; la variabilidad del clima, la accidentación del terreno, la falta de agua para el riego y abastecimiento de la granja, los impuestos, la gran extensión ocul-

ta a esos impuesos, la seguridad en los campos, los tratados de comercio, el caciquismo que existe en muchas regiones agrícolas que favorece a unos en perjuicio de otros, el absenteísmo, y muy especialmente la falta de instrucción elemental y agrícola. El problema que siempre tiene que resolver el agricultor es, que teniendo en cuenta los elementos que posee, el sacar de la tierra el mayor producto y del modo más económico; problema siempre difícil por los muchos factores que entran en él; por eso no hay que negar que el problema de explotación agrícola, requiere más amplitud de estudios que para ninguna otra industria.

Los cereales de secano, principales, son el trigo, la cebada, centèno y avena. Sólo para el trigo se ocupan en su cultivo cerca de seis millones de hectáreas, con producción de 35 millones de hectólitros de grano. La región del trigo, es la zona templada en la que está comprendida España. El trigo y centeno, exigen mayor suma de grados de calor (integral calórica), que la cebada y avena; le son necesarias las lluvias de Otoño y Primavera.

En el secano se emplea el barbecho, o sea períodos de tiempo que median entre una y otra cosecha, y durante el cual se hacen las labores necesarias para dar fertilidad a la tierra y mullirla convenientemente para facilitar el desarrollo de las raíces y destrucción de las malas hierbas. Estas son las ideas muy seguidas y antiguas que deben modificarse cuanto sea posible, con arreglo a modernas teorías. Los barbechos son completos cuando duran un año; medio barbecho cuando lo es de medio año; barbecho limpio cuando no se hecha semilla y semillado si se hecha, ya sea de prado para ganado o ya sea de las mejorantes para enterrar las plantas en verde. El barbecho se hace necesario en muchos terrenos, y por las condiciones de nuestra agricultura. Si hay capital para los abonos y dedicarse a plantas en línea o de escarda, es más conveniente.

La producción de cereales de secano es muy variable; podemos decir, como promedio verdad, en la nación, de 8 hectólitros de trigo por hectárea. En este cereal, se obtienen productos desde 4 hectólitros en la provincia de Toledo, a 19 ½ en la de Pontevedra, como promedios.

Hay muchos terrenos de secano cuyas condiciones se podrían utilizar para su explotación de árboles y arbustos, a fin de servir sus hojas y parte de las ramas, para forrajes, y obtener un buen rendimiento. Son muchas las plantas arbustivas propias para aprovechar su follaje en la alimentación del ganado.

Sabida es la importancia de la ganadería, y que en España tenemos escasez de prados, para alimentar el ganado de labor y de renta, teniendo que recurrir a los granos; por eso es preciso buscar recursos en donde obtener forrajes.

En nuestros terrenos montuosos, hay la parte superior que debe dedicarse al cultivo forestal, que es tan necesario y de gran utilidad, pues además de proporcionar en los bosques la madera, cuya escasez va siendo cada vez mayor, da los pastos, leñas y otros muchos productos; y son en parte el regulador de las lluvias que, filtrando el agua, disminuyen las avenidas de los ríos, regularizando

sus caudales, y que después filtrada a través de las capas de tierra, surte constantemente a los ríos y manantiales, origen de los regadíos y fertilización del suelo.

Otra parte de los terrenos, en las laderas poco inclinadas, se podrían utilizar como prados y en cultivo arbustivo para forrajes.

Es claro que las partes llanas, y de no excesiva altitud, son los terrenos de secano què se deben cultivar con más provecho que actualmente, y estos son los terrenos a que principalmente aludimos en esta Memoria.

Es antiquísimo el empleo del follaje y ramas para la alimentación del ganado; textos de hace siglos, atestiguan el uso que se hacía de esos productos, como dice nuestro célebre agrónomo Herrera, ya en 1513, sobre la alimentación que se hacía de los mismos para el ganado vacuno. En el "Avance sobre ganadería en España", se dice, que en Navarra se recogen las ramas foliáceas en verano antes de endurecerse y desecar, y se utilizan para ayudar a la alimentación del ganado durante el invierno; lo cual se hace en muchas regiones agrícolas.

Como dato oficial francés, se fija en 150 kg. de hojas frescas de olmo, chopo, fresno, etc., que equivalen a 100 kg. de heno; y se fija en 80 kg. el equivalente de las hojas cogidas en verde y convenientemente desecadas. Según Grandean, la composición media del ramón desecado al aire, de diferentes especies analizadas, no pasando de medio centímetro el diámetro de las ramas, es muy superior a la composición media del heno. Las materias nitrogenadas, de ramones de 1 a 5 mmt. de diámetro, contienen 8 a 16 por 100 de dichas materias, cuando de 1 a 3 centímetros de diámetro sólo contienen 3 a 4 por 100.

Las ramillas alimenticias se pueden aprovechar cortándolas y en el suelo las recoge el ganado, pero mejor es utilizarlas en verde en la casa de labor; también se aprovechan en seco y por ensilado o henificándolas. Se utilizan también por trituración por máquinas especiales, lo cual facilita el aprovechamiento de los ramones más gruesos, y con la harina que se obtiene, formar pastas de raciones alimenticias, mezcladas y hervidas. El empleo de los silos en tierra o construídos de mampostería, son muy convenientes.

Hay pocas plantas (las venenosas) que puedan ser perjudiciales al ganado; y otras esencialmente nutritivas (las leguminosas) como es la acacia; los animales por instinto rechazan las nocivas y les repugnan.

Entre los árboles, en los llamados de ribera, hay el olmo, el álamo, el sauce, olivo, que son convenientes para el ganado; de las plantas cultivadas, citaremos la vid, cuyas ramillas (no sulfatadas) se utilizan en muchas regiones, así como el pastoreo de las hojas en la planta. El olivo, cuyo ramón es muy apetecido por el ganado; la morera, cuya hoja y ramillas son un magnífico alimento y que agrada mucho al ganado; la acacia, variedad inerme, que como leguminosa es de mucho aprecio la hoja y la ramilla. Todo ello cultivado para este objeto como plantas arbustivas, principalmente es de utilidad.

Entre las plantas forestales cultivadas, citaremos la retama y la anlaga.

Entre las no cultivadas, la encina, el alcornoque, el roble, el haya, el acebuche, el brezo y otras varias.

Gran parte de estas plantas se pueden cultivar y propagar en muchos terrenos de secano, y hasta formar prados, arbustivos, y utilizarlos para el ganado. En fin, en donde el terreno tenga condiciones a propósito, hasta se pueden crear los llamados prados arbóreos o arbustivos, y obtenerse una buena renta con poco gasto de producción.

Estos días ha publicado el Boletín Oficial de agricultura la utilización como forraje de algunos citisos que se utilizan en Palma (Canarias), que resisten la sequía y malos terrenos y que se recomiendan por su rusticidad.

Leguminosas.—Nuestra opinión es, que los cultivos de los terrenos de secano en España, conviene que tengan alternativas con cultivo de plantas leguminosas; y esto nos lleva a ocupar unas pocas líneas a estas plantas llamadas, y con razón, mejorantes; y son tanto más precisas, tratándose de cultivos de plantas cereales esquilmantes, como lo son las que forman la base del cultivo de esa clase de terrenos.

Berthelot demostró que ciertos terrenos tienen la facultad de absorber y retener el nitrógeno atmosférico, formándose compuestos orgánicos complejos, semejantes a los albuminoides, y que las tierras esterilizadas carecen de esta facultad; (esterilización efectuada por el fuego para destruir los microbios que contiene la tierra); por eso hay que deducir que la fijación del nitrógeno es debida a esos microbios contenidos en el suelo. Según este sabio, no solamente intervienen los Schizomycetos, o bacterias, sí que es probable que los mohos, hongos y algas, etc., desempeñan funciones parecidas. Esta fijación del nitrógeno se verifica siempre, pero durante el día es más activa, y especialmente en verano.

Las plantas leguminosas, tienen sobre todas, la facultad de apoderarse del nitrógeno del aire, y que los microbios que existen en el suelo, se inoculen en sus raíces; lo que originan las características undosidades, donde viven en symbiosis con las raíces, enriqueciendo el suelo del nitrógeno del aire, así como a toda la planta.

Como expusimos en nuestra Memoria sobre "Los fermentos de la tierra y la alimentación vegetal", publicada por esta Academia en octubre de 1907, cree Dumont que el proceso symbiótico es una necesidad accidental; que el microbio de las nudosidades Rhizobienu leguminosarum y bacilus radicicola, así como el Clostridium o el Nitrobacter, fijan el nitrógeno sin necesidad de ninguna planta hospitalaria, pues se cultiva bien en un caldo de judías con un poco de azúcar; por lo que se supone, que si el suelo tiene líquidos apropiados vivirán libremente los microbios sin tomar nada de las leguminosas. Así, pues, se deducirá que los fermentos fijadores del nitrógeno, según las condiciones de medio, obrarán directamente y por symbiose.

No solamente son las leguminosas las que tienen la propiedad de fijar al

suelo y a la planta el nitrógeno del aire, hay otras (como las algas) que lo fijan, aunque en menores cantidades.

De todos modos, es de suma importancia el cultivo de las leguminosas, para enriquecer el terreno en nitrógeno, además del excelente forraje que proporciona, y tener en cuenta (por lo que a nuestro objeto actual interesa) que la actividad fijadora del nitrógeno por las bacterias nitroficantes es muy superior durante el verano. De esto se deduce que las prácticas de los sistemas culturales, del Dry-Farming, el muy parecido llamado de Jean, el de la sideración de Vill, y el de inducción de Solari, han de tener como fundamento las labores de verano, y cultivo de leguminosas entrando en la rotación o alternativas de cosechas.

El abono en verde (ya usado de muy antiguo) tiene hoy su explicación agronómica; así como las prácticas para obtener un buen forraje, el mezclar leguminosas y gramíneas, y emplear próximamente el fosfato de cal (400 a 600 kg. por hectárea), el cloruro de potasium (100 a 200 kg.) y el yeso (300 a 500 kg.)

Además de las leguminosas, son como se ha dicho, otras plantas las que absorben y asimilan el nitrógeno atmosférico; aun entre los cereales que lo adquieren tan poco, como es el trigo, hay (dicen) la avena que fija una buena cantidad del nitrógeno aéreo y éste ha sido objeto de serias investigaciones, entre ellas los trabajos del Dr. B. Giner y Aliño, que asegura hay una bacteria específica nitrogenante en el terreno, que produce una buena nitrificación con la avena y por eso, que es planta, que debe alternar en las rotaciones de cultivos, como las leguminosas. Dice que puede asegurar que los elementos necesarios para formar una cosecha de avena de 20 hectólitros de grano, 2.200 kg. de paja y 2.000 de raíces, (en estado seco) son: nitrógeno 42 kg., ácido fosfórico 14, potasa 46 y cal 12; a cuyos números llama equivalentes biológicos, como a sus múltiplos y submúltiplos, y la relación entre todos ellos, la ecuación biológica.

Dice que: "el último de los cereales, el más modesto, acaso el menos apreciado, la avena es una planta mejorante de primer orden, y que en este sentido puede competir con muchas leguminosas; lo cual necesita confirmación.

Conocida esta singular propiedad de la avena, y comprobada en el terreno experimental, cree fundadamente, y que no son vanas razones, sino con hechos prácticos, que su cultivo está llamado a desempeñar un papel importantísimo en las rotaciones, y que en muchos terrenos de extremada pobreza y sequedad ha de constituir un recurso precioso para explotarlos con provecho.

La avena es una planta de tan raras condiciones—dice,—que bien puede calificarse de verdadera providencia para el que sepa aprovecharla. En un suelo ingrato, pobre, donde los demás cereales y las leguminosas, tubérculos, raíces y otras plantas vegetarían misérrimamente, se eleva—dice—la avena erguida, pomposa de follaje y con abundantes y nutridas espigas".

Le favorece mucho la longitud de sus raíces (de 1,50 metros por término medio), su rusticidad y gran resistencia a las sequías y variaciones atmosféricas;

vegetando bien en toda clase de terrenos, pedregosos, secos, arenosos, etc., donde no resistirían los otros cereales, según dice el doctor Giner.

Así resultaría que es una buena planta de los terrenos de secano, y que por eso la mencionamos en esta Memoria, que bien cultivada, sería muy utilizable en los terrenos esteparios y secos, y se debe hacer entrar en la rotación con el trigo y otras plantas.

Así como se ha dicho de la avena, se podrían citar otras plantas que servirían para el cultivo de los terrenos de secano, como puede leerse de las plantas que crecen espontáneamente en las estepas, y que describe en su obra el doctor Reyes Prosper, que antes hemos citado.

En la última Memoria anual publicada por la Estación de ensayo de Semillas (cuyo director es el ilustrado ingeniero agrónomo don José Hurtado de Mendoza), atendiendo a las experiencias hechas, dice la Dirección general de agricultura, que se propaguen a diversas Granjas, el cultivo de la planta "Cactus de Burbank", destinada para la alimentación del ganado. Es planta rústica y poco exigente prospera bien en los terrenos secos, pedregosos y sin exigir ningún cuidado.

Todo lo anterior lo indicamos para demostrar que el agrónomo puede estudiar las clases de plantas, además de las labores y condiciones del cultivo, en los terrenos de secano, y por lo tanto utilizarlos, no solamente para el trigo y otros cereales; y que en ninguna explotación, tal vez, pueda el ingeniero agrónomo aplicar con más aprovechamiento la ciencia agronómica, que al estudiar un plan de explotación de terrenos de secano.

Explotación actual de los terrenos de secano y su reforma.—Creemos conveniente antes de exponer los sistemas de cultivo que deben emplearse en los terrenos de secano, el exponer los defectos de que adolece el sistema actual, o sea el de los barbechos.

Si se examina con atención, los trabajos agrícolas que se efectúan en gran parte de España, respecto al cultivo de barbecho de los secanos, se verá que se labra mal, se siega y trilla como antiguamente, que la maquinaria agrícola brilla por su ausencia que las leyes de la agronomía están olvidadas, y por lo tanto que la producción resulta cara y escasa.

Además, y esto es muy esencial, no se utiliza la poca cantidad de agua de lluvia, y que nada se hace para que no se pierda y se evapore, quedando los suelos de secano, tan secos y quemados del sol, que se hacen casi improductivos o estériles.

Las labores en el barbecho son lentas y pesadas por los malos arados que se usan, que apenas profundizan ni pulverizan la tierra; y las labores de alzar, de binar y terciar, suelen ser las únicas; y se verifican cuando hay tempero en las tierras, es decir, sin observar reglas en las estaciones, dejándose perder el agua de lluvia, pues además, estas labores en tempero, que se hacen por los defectuosos

arados, evaporan el agua y secan el terreno, no quedando en el suelo las reservas de agua tan convenientes.

Como no se desterrona y pulveriza la tierra seguidamente, queda el suelo con grandes terrones, tan favorables a la evaporación del agua y filtración al subsuelo. La cosecha ha de contar con sólo el agua que caiga durante la época de vegetación; pero por la inoportunidad de las lluvias, resulta mucha cantidad de agua perdida, y se llega al mísero resultado de 4 ó 6 semillas la recolección; con lo cual es imposible el cultivar así, reduciéndose los pobres labradores a las privaciones y miseria, que conocemos los que hemos tratado con trabajadores agrícolas de muchas provincias.

Esta miseria, hace que no puedan comprar abonos, tener ganado de labor y renta bien mantenidos; resulta que la tierra se esteriliza y acaba su fertilidad natural. Pues aunque retenga algunos elementos como son el fosfato, la cal y aun la potasa, le faltará el nitrógeno, y sabido es que la ley del mínimo enseña que esas tierras han de resultar muy improductivas.

La producción de trigo y cebada, que es lo que generalmente se cultiva en los secanos de España, es de unos 8 hectólitros de trigo por hectárea y el doble de cebada; cantidades miserables que sólo se resisten en nuestra nación, por la sobriedad y pocas necesidades de la población rural, especialmente en el centro de España y Andalucía. No pudiendo vivir el obrero agrícola, es natural la poca renta que pueden producir los terrenos a sus propietarios. De aquí la emigración, y es preciso evitar esas causas, procurando aumentar y cultivar bien los secanos.

La explotación de éstos, son con barbechos, ya limpio, ya cubierto de vegetación espontánea, ya semillado de plantas mejorantes, como el garbanzo, y las siembras de cereales en hojas de producción, que forman la alternativa. El caso más favorable, es el barbecho anual, de año y vez; un año de producción y otro de descanso y labores. Es muy seguido el sistema del tercio o de tres hojas; una de barbecho limpio, otra sembrada y otra de pastos espontáneos o naturales para utilizarla para el ganado de renta. Se quedan así dos terceras partes del terreno sin casi producción; para mejorarlo, se emplea el barbecho semillado, especialmente de leguminosas.

El sistema de año y vez, puede sostener menos ganado, reduciéndose al lanar, que aprovecha las hierbas que dejan los arados en el barbecho y los restos de las cosechas en las rastrojeras. Pero esta utilización es en corto período del año; y aun sólo para el ganado lanar.

Estos sistemas actuales de explotación del terreno de secano tiene muchos defectos: como han de esperar que la tierra tenga sazón para el pase de arado, no se hacen las labores en época oportuna; resultan las labores imperfectas y caras, con los malos arados que se emplean; la tierra no queda bien pulverizada y no retiene el agua de lluvia; como no ponen abonos, el suelo pierde su fertilidad, disminuyéndose la producción; como se emplea exclusivamente la fuerza animal, esta resulta cara, por el mucho tiempo que hay que sostener el ganado

sin trabajo; resulta escasa la alimentación del ganado de renta, pues ni aun existen las antiguas dehesas del pueblo y las adulas, que aminoraban este gran inconveniente.

Hay necesidad de variar estos sistemas de cultivo, empleando las máquinas modernas, los abonos y preparación del terreno para que no pierda el agua de lluvia y se utilice en el suelo oportunamente. Al menos, usar labores de arados de vertedera, durante el año de barbecho y depués otras con gradas y cultivadores; la tierra quedaría así mejor preparada, con buena disposición para retener el agua y limpia de malas hierbas; evitándose mucho la evaporación y aumentando las condiciones físicas del terreno, con progreso muy notable en la producción.

Usando máquinas aratorias que den surcos de gran anchura, se puede obtener mucho trabajo y rápido, aprovechando las épocas oportunas, y con mucho menor gasto. El labrador podría cultivar la hoja de pasto con mayor producción con igual número de yuntas, y el labrador de año y vez podría suprimir ganado y resultarle mucho más barata la producción.

Además, estos medios de preparar el terreno favorecen la nitrificación del suelo y tienen mucha facilidad para los efectos biológicos, que se han dicho se verifican en el terreno, y que pueden obtenerse en los barbechos, bien labrados, el suelo suelto y pulveralento, sin terrones ni corteza, y se sostendran en buen estado de humedad, con lo cual se enriquecerá la fertilidad del suelo, como sucede con el sistema de cultivo Dry-Farming.

Basándose en que algunos principios nutritivos no escaseen en el suelo, deben adicionarse otros que se van agotando, y restituirlos, teniendo presente la ley agronómica del mínimo; y de aquí la necesidad del estudio del sistema Solari, para la restitución del nitrógeno, o sea su asimilación a la planta y su inducción en el terreno, diferentemente del sistema de Ville o sideración, que no es lo mismo que el de inducción de Solari del nitrógeno atmosférico por las leguminosas.

El problema de los terrenos de secano es, pues: que en vez de la cosecha anual, que como promedio hoy se obtiene de 6 a 8 simientes por una sembrada, se eleve la producción a 20 ó 25 ó más, con la base forzada de la cantidad de agua anual de lluvia, y sin tener que depender exclusivamente de la oportunidad de esas lluvias, y sí especialmente de su cantidad anual.

El aumento de fertilidad del suelo, y por consiguiente de las cosechas, son los problemas objeto del estudio del agrónomo en los cultivos de secano; y los sistemas en que deben basarse son los llamados del Dry-Farming, preparando físicamente el suelo, y el de Solari para la inducción de nitrógeno atmosférico; además de todas las otras labores, la selección y elección de simientes, prácticas culturales, abonos y demás que forman el plan completo de una buena explotación de los terrenos de secano.

Es antigua la alternativa de las leguminosas con las gramíneas; pero prácticamente hoy siguen un mal sistema, pues entienden muchos por esta alterna-

tiva, sembrar un año u hoja una legumbre, y al siguiente año un cereal; resulta que la primera agota el suelo de ciertos elementos que faltarán al siguiente año al cereal. Pero si por anticipado ponemos en la tierra lo que necesita para las dos plantas, para su alimentación, se aumentará la fertilidad inicial del suelo, ya que lo que la legumbre habrá de extraer, ya lo hemos añadido anticipadamente al suelo, quedando en éste la cantidad de nitrógeno del aire, que va al terreno por inducción con las bacterias nitrogenadas y los detritos y restos de esas plantas. Resultaría así: el producto de las leguminosas, el acrecentamiento de fertilidad en el suelo, utilización del agua de lluvia, aumento de producción y de alimentación del ganado.

Basándose en la lluvia anual y con el sistema Dry-Farming, pueden hacerse algunos cálculos para demostrar la conveniencia de cambiar nuestro rutinario y mal sistema de cultivos de secano en barbechos, y de adoptar ese procedimiento, como luego diremos. Se sabe aproximadamente que cada kilogramo de materia seca vegetal, ha necesitado 300 kg. de agua para su formación. Supongamos una cosecha de trigo de 7 a 8 toneladas de materia seca, se necesitarán 2 ó 2 ½ millones de kilogramos de agua, es decir, que durante el año, la precipitación acuosa sea de 210 a 250 m. mt. Cantidad que se duplica en casi toda España. Siguiendo las prácticas de este cultivo, no tendrá la mala distribución de las lluvias tan fatales consecuencias, porque el terreno retendrá el agua en la tierra; la escasez de lluvias primaverales, se compensará con las invernales que retendrá el terreno, convenientemente preparado. Se podrán obtener cosechas de forrajes de 7 a 8 toneladas de materia seca, que aseguran este alimento para el ganado, y que el lanar es el más conveniente, por poder pastar en las rastrojeras, que serán capaces de alimentar a 1000 kg. de peso vivo; que podrían repartirse en 100 kilogramos para los animales de trabajo y 900 para el ganado de renta, a razón de 30 kg. de peso vivo por cabeza.

Se comprende que con este sistema de cultivo, el trigo siguiendo al cultivo de las leguminosas, se encontrará para su vegetación muy mejorado, que ahora no lo está con el sistema que se emplea.

Las leguminosas han aportado al suelo gran cantidad de nitrógeno atmosférico, que es tan costoso en abonos.

El trigo tarda en madurar y ocupa mucho tiempo la tierra y siempre extrayendo elementos que disueltos en el agua que tiene del suelo alimenta la planta y esta evapora, formando su materia seca; por lo tanto es preciso cierta cantidad de agua, la cual debe retener el suelo; y es de necesidad que ésta retenga toda la lluvia, al menos en la cantidad que es precisa a razón de 300 a 400 kilogramos. de materia seca, que siendo, por ejemplo, de 7 a 8000 kg. por hectárea, necesitan 2,100.000 a 2,400.000 kg. de agua durante el año; o sea que la lluvia anual sea de 0,210 a 0,240 metros.

Para una cosecha de 20 hectólitros por hectárea que contendrán unos 4000 kilogramos de materia seca (próximamente) entre grano, paja, raíces, etc., se ne-

cesitará una lluvia anual de 120 m. mt.; y que si la cosecha fuere de 30 hectólitros por hectárea, con 5000 kg. de paja, raíces, etc., o sean 8100 kg. de materia seca, corresponderían 1,820.000 de agua por hectárea, o sea una lluvia anual de 183 m. mt. Hay que suponer una pérdida por filtración y evaporación, del 50 por 100 de la lluvia; serían pues precisos una precipitación acuosa de unos 360 m. mt.

Todo esto asegura que, teniendo el medio de que no se pierda el agua de lluvia, y quede retenida en el terreno, pueden obtenerse muy buenas cosechas en el secano, preparando convenientemente las tierras, y un buen plan de cultivo, con la alternativa de las leguminosas.

Con el sistema Dry-Farming, se consigue lo primero, efectuándolo con inteligencia y los medios que son precisos, y lo segundo, siguiendo reglas del sistema Solari, para no dejar el suelo en las alternativas sin los cultivos de leguminosas y con los abonos anticipados que sean necesarios, teniendo presente la ley del mínimo, para que la tierra posea los elementos que necesita a la cantidad de nitrógeno que han de proporcionarle las leguminosas, en su alternativa del cultivo.

La elección de las variedades de leguminosas, es objeto de un estudio especial y local en cada caso; la esparceta, la alverja, las algarrobas, guisantes (espesos), el trébol mezclado con las gramíneas, las zullas, etc., son plantas que sirven como forraje y son inductoras del nitrógeno atmosférico en el terreno. En fin, todos los elementos que entran en un cultivo, son los datos que ha de estudiar el agrónomo en cada caso y en cada región agrícola; y que le da este problema ancho campo en donde aplicar los extensos estudios de la moderna agricultura.

Sistemas de cultivo de los terrenos de secano.—Cuando antecede puede considerarse como notas, para comprender la necesidad de variar nuestras prácticas en el cultivo de secano, y adoptar procedimientos modernos, que están en consonancia con nuestro clima y suelo.

Expondremos brevemente los sistemas culturales que se deben tener presentes, para que se puedan utilizar bien en las grandes extensiones de terrenos que tenemos en España, y que hoy por la relativa sequía, y muchas condiciones agronómicas que no se tienen en cuenta, producen muy poco, lo cual es origen de nuestra falta de cosechas y pobreza de los agricultores.

Es una gran solución para el cultivo de las tierras áridas, el procedimiento titulado por los americanos Dry-Farming (explotación de los terrenos secos, áridos) que en 1883 tanto impulso dieron en los Estados Unidos del Norte de América, especialmente el ilustrado agrónomo Campbell. Desde entonces se ha ido extendiendo en otros muchos puntos, como son, la Argelia, Túnez y en varias naciones, para la utilización de los terrenos de secano, de lluvias escasas. Hoy es ya muy conocido este sistema de cultivo, y la bibliografía que de él se ocupa, tiene ya una extensa Biblioteca.

La importancia del cultivo de las tierras de secano se demuestra con sólo

exponer que en toda la superficie de la tierra, el reparto de las lluvias se calcula en menos de 250 m. mt. al año en el 25 por 100 de toda la superficie, del 30 por 100 de 250 a 500 m. mt.; el 20 desde 500 a 1000 m. mt.; el 11 desde 1000 a 1500; el 9 desde 1500 a 2000; y el 5 por 100 solamente de 2000 a 4000 m. mt. de lluvia anual. Aun calificando como terreno árido los de 400 a 500 m. mt. de lluvia, resulta que hay el 55 por 100 de la superficie mundial. Antes ya se han presentado datos pluviométricos y se ve que en España es poca la superficie en que llueve al año menos de 350 a 400 m. mt.

Es de notar que los terrenos secos contienen mayor cantidad de substancias nutritivas; se aprecian generalmente:

	Región húmeda	Región árida
Potasa.	0,21	0,67
Acido fosfórico	0,12	0,16
Humus.	1,22	1,13

Los terrenos húmedos disuelven más las substancias nutritivas de la tierra y se precipitan al subsuelo. Hace falta, pues, en los terrenos secos, que tengan la humedad solamente suficiente para disolver esos elementos, potasa, ácido fosfórico y humus.

Antes se ha dicho la cantidad de agua que necesita la materia seca vegetal por cada kilogramo. Sin embargo, atendiendo a las pérdidas, etc., algunos escritores que se ocupan del Dry-Farming, toman como promedio para el trigo 750 kilogramos; en cuyo caso, pesando 77 kg. el hectólitro de trigo, y contando con la paja, sería al total 154 kg. la producción de un hectólitro de trigo, que exigirá 1.155 kgs. de agua. La lluvia anual de 250 m. mt., o sea por hectárea 2.500 toneladas de agua, podrían dar teóricamente, una cosecha de unos 21 hectólitros de trigo. Según prácticas en terrenos de América (E. U.) en secano, suponen que cada dos años se obtiene una cosecha de 20 hectólitros, en cuyo caso sólo la mitad de la lluvia sería retenida.

Llaman los americanos "sequía" la condición en la que se hallan las cosechas que no pueden madurar por falta de agua; y agregan que raras veces lo son tanto que puedan causar la pérdida de las cosechas, si se emplean sistemas adecuados al cultivo". Por esto dice Mr. Franz, que las causas principales en los efectos que se atribuyen a la sequía, son: negligencia en la preparación del suelo, falta de retención del agua de lluvia, la no aplicación de los métodos para conservar la humedad en la tierra hasta que las plantas la necesiten, y las siembras demasiado espesas.

Para que el terreno retenga lo más posible el agua de lluvia, es preciso que la tierra esté removida en la superficie. En la Estación agrícola de Utah (E. U.), creada para ensayos de cultivo de terrenos áridos, se observó que una lluvia to-

rrencial de 65 m. mt., en 4 horas de duración en un barbecho solo absorbió 6 m. mt. de agua, o sea menos de la décima parte, y en un rastrojo, que ofrecía dificultades al movimiento del agua, absorbió 37 m. mt. o sea cerca del 60 por 100.

El sistema Dry-Farming, se funda en tener la superficie del terreno labrada y pulverizada, para que absorba gran cantidad del agua de lluvia, la que allí debe quedar almacenada.

El agua va penetrando por los poros e intersticios del suelo, dejando recubiertas las partículas de la tierra, y hasta cierta profundidad, toda el agua queda adherida al terreno. En las épocas de sequía, esa agua tiene un movimiento contrario; se evapora en la superficie, y se sustituye por el agua del subsuelo que va ascendiendo por capilaridad tendiendo a restablecer una distribución uniforme del agua por capas, hacia la parte inferior. El agua adherida por capilaridad a las partículas de la tierra, será tanto mayor cuanto más finas sean; por esto conviene que la tierra esté desmenuzada, especialmente en la capa superficial. Experiencias en la Estación de Utah (como expone dicho señor Franz), han demostrado, que algunas tierras pueden retener el agua de lluvia hasta una profundidad de 3 mt., y caída durante dos o tres años una lluvia de sólo 3½ m. mt., se hace notar la humedad a las 3 horas, a una profundidad de 0,9 metros (así dice). Si el suelo está labrado en gruesos terrones, la cantidad de retención del agua es menor, por falta de espacios capilares; por lo cual Campbell, aconsejó desde un principio, destruir las cavidades que dejan entre sí los terrones, pulverizándolos y apretando la tierra, después de las labores profundas.

La evaporación es mayor cuanto más húmedo sea el terreno, pues la fuerza de la capilaridad retendrá el exceso de agua con menos energía, ya ésta estará atraída a descender por la gravedad, y la evaporación será así mayor; cuando la capa húmeda llegue a límites de tenuidad excesiva, entonces la fuerza evaporatoria no podrá vencer esta capilaridad, y la evaporación será menor. Así se explica el buen efecto que tiene el cultivo por el sistema Dry-Farming en la pulverización adecuada de la tierra, en las capas superficiales del terreno labrantío.

Dicho agrónomo dice que hay que tener en cuenta dos hechos muy importantes: el primero, "que si la superficie del terreno sufre una desecación muy rápida por efecto de los rayos solares y de los vientos, se forma una capa protectriz que impide una evaporación ulterior; así resulta que las tierras áridas vienen a protegerse automáticamente por la misma desecación; el segundo hecho es el de que el agua subterránea, para ir a evaporarse a la superficie, tiene que ir subiendo por capilaridad, pasando de una partícula a la inmediata. Si, pues, en la superficie, por un método de cultivo apropiado, deshacemos el contacto de las partículas manteniendo una puramente pulverizada y esponjosa, rompemos los puntos de contacto de la superficie con las capas más profundas, y ponemos un obstáculo muy eficaz contra la evaporación superficial. También en este caso, el terreno presenta una capa protectriz de tierra removida".

Se comprende que el sistema Dry-Farming se basa en la preparación del

terreno, que permita almacenar o retener y conservar el agua de lluvia, y por eso el cultivo por ese medio en las tierras de secano dan mayores cosechas.

Es claro que este sistema cultural debe ir acompañado de un buen sistema de barbechos, de labores, de siembra y recolección, de los abonos necesarios y los cultivos correspondientes apropiados a este sistema. El describir todo ello sería hacer muy extensa esta Memoria; nos limitamos a llamar la atención por su importancia y citar algunos ejemplos ya hechos en nuestro país.

El ilustrado agricultor don Ramiro Alonso Castrillo, Consejero de la Asociación de agricultores de España, dió una conferencia en la Semana agrícola de Valladolid, en la que, además de explicar perfectamente la aplicación del cultivo Dry-Farming, que él define: "nueva rama de la ciencia agronómica, que tiene por objeto estudiar, para vencer, las condiciones verdaderamente difíciles en que se desarrolla el cultivo en los países de las lluvias escasas, e irregulares, como el nuestro."

Este sistema ha venido a reformar las ideas que se tenían sobre las labores profundas, que se llegaban hasta hacer perder en el subsuelo casi toda el agua de lluvia.

Dice dicho señor, que él ha practicado el barbecho del Dry-Farming, efectuando las siguientes labores: labor superficial de unos 10 centímertos de profundidad, con gradas de grandes discos de cortes ondulados; labor de vertedera de 20 a 25 centímetros; inmediatamente detrás de los arados una vuelta de grada Acmé, de 8 a 10 centímetros; y un cultivo superficial detrás de cada lluvia y siempre que se pueda, para obtener una capa mullida de tierra seca de 8 a 10 centímetros de espesor, la "que interrumpiendo la capilaridad, sirva de aisladora entre el aire y la tierra húmeda, y no puede, por lo tanto, ejercer su atracción la tensión superficial".

Respecto de abonos, este sistema exige menos cantidad, pues ya el nitrógeno se obtiene del barbecho de leguminosas; y los americanos dicen que conceden en este cultivo mucha más importancia al estudio físico y biológico del suelo, que al químico, que es el que se atiende más hoy, y basándose en la ley de restitución y en la ley del mínimo, al tratarse de la alimentación de las plantas.

En Francia, Italia, Hungría y en muchas otras naciones, el sistema de cultivo americano del Dry-Farming, es objeto de preferente estudio, estableciéndose Estaciones agrícolas de ensayo y experimentación, lo cual debiera hacerse en España, ya que tenemos una gran parte de nuestro territorio de terrenos de secano, de los que se obtienen míseras cosechas; las cuales se aumentarían mucho siguiendo esas prácticas de cultivo, bien estudiadas y apropiadas a nuestro clima y suelo.

En alguna región del Mediodía de Francia, hace algunos años que con buenos resultados, se implanta un sistema de cultivo para los secanos, muy preconizado por Mr. Jean, entusiasta agricultor, cuyas experiencias en Bru, han sido excelentes, y según dice en un folleto el Ingeniero agrónomo señor Valls.

Ese sistema es sencillamente la remoción continua de la tierra durante el verano, es decir, desde la siega del trigo hasta la siembra. Se sustituye la labor de 20 a 30 centímetro de profundidad, por 8 o 10 pasadas someras de grada o arado, sucesivamente, hasta llegar a esa profundidad. Esta labor se ejecuta con cultivador de muelles o canadiense, modificado especialmente, para mayor resistencia de los muelles y arado más fuerte. La primera pasada se da de 4 a 6 centímetros de profundidad; después cada 8 ó 10 días otras pasadas de cultivador profundizando 2 ó 3 centímetros más, llegando así sucesivamente hasta 20 ó 30 centímetros en la época de la siembra.

Este sistema admite poder usar con igual fuerza cultivadores de mayor anchura, y por lo tanto ejecutar la labor en menos tiempo. Como se dan tantas labores, se puede utilizar hacerlas después de las lluvias, y con la tierra en tempero. La tierra queda pulverizada, sin necesidad de otros aparatos ni labores. La sideración del terreno, y su meteorización se efectúan bien y seguidamente durante esos meses de verano. Se comprende que con las repetidas pasadas del cultivador, se escarda muy bien el terreno, y se entierran en verde las plantas que hayan nacido, y así se limpia el campo de malas yerbas. El material es poco y no costoso; el motor son las caballerías usuales de labor. Así Mr. Jean, dice que se consigue un cultivo económico y con aumento de producción; las ventajas de tener pulverizada la tierra favoreciendo la humedad y arraigo de la sementera siguiente; que se economiza mucho abono; una buena escarda y limpia de malas hierbas; y la facilidad de ejecutar las labores.

Las cuentas de gastos y productos que expone Mr. Jean, son altamente halagadoras; pero serían precisas cuidadosas experiencias, para deducir si ese gasto de 8 ó 10 pasadas o aradas durante el verano, resulta económico, y lo que se puede remover de terreno por jornal, cuando el cultivador tenga que labrar a profundidades próximas a 30 centímetros.

Como se ve, este sistema de cultivo o preparación del terreno, tiene como base la misma teoría que el Dry-Farming; el pulverizar la capa de tierra para sostener la humedad o sea el agua de lluvia, durante bastante tiempo. Yo creo que han de resultar costosas esas labores continuadas durante todo el tiempo desde la siega a la siembra.

Aparte de esto, hay que observar que el Dry-Farming se apoya también en el previo cultivo de las leguminosas y la anticipación de los abonos minerales que sean precisos a esta cosecha y la del cereal; todo lo cual es muy conveniente.

Debemos mencionar los dos sistemsa de cultivo llamados de sideración por Ville y el de Solari de utilización para forraje.

Aunque exceden de catorce los elementos de la fertilidad de las tierras, los agentes principales son el nitrógeno, ácido fosfórico, potasa y la cal. Estos (los tres primeros) son los que suelen tener los abonos que se vierten al terreno, los demás no suelen faltar en la tierra, por eso en la práctica usual de la alimentación vegetal, sólo se ocupan los agricultores de esos cuatro elementos, en las fór-

mulas de los abonos, para restituir al suelo la cantidad de ellos que levantan y se exportan con las cosechas; es decir, hay que seguir ley de la restitución. Aunque los otros 14 ó 20 cuerpos de que están formados los tejidos vegetales y que han de considerarse como substancias nutritivas de las plantas, están en el terreno en cantidad puede decirse inagotable, y en todos sus agentes principales, el agua y el sol.

Para la buena alimentación de la planta, es preciso que esos agentes y elementos obren reunidos y en determinadas proporciones, conforme a las exigencias de cada planta cultivada; si escasea la cantidad de uno solo de ellos, es causa de que los demás no cooperan en la cantidad necesaria y este elemento deficiente limita y merma la producción, según la ley del mínimo de Liebig.

El humus o mantillo, el estiercol y las plantas enterradas en verde, dan al terreno de condiciones físicas y químicas muy importantes; con el calor y la humedad mejora en mucho el estado físico del suelo valorable, y el aire es manantial de ácido carbónico, de agua y de nitrógeno para las plantas.

Cada planta tiene sus exigencias de cada elemento, y el estudio para llegar al máximum de cosecha, en condiciones determinadas, es muy importante en la agronomía, y todo en relación con el suelo y clima.

Respecto al nitrógeno, hay que tener presente, que las plantas lo absorben en grandes cantidades de la atmósfera, y como se ha dicho, el terreno tiene bacterias que del mismo origen lo apropian a las plantas. Las leguminosas no tienen necesidad de ser abonadas en substancias nitrogenadas, adquieren todo el que necesitan de la atmósfera y de las bacterias nitrificantes, de las nudosidades de la raíz, y directamente en toda la planta; sin embargo, a veces conviene añadir algo de abono nitrogenado; así, pues, sólo es preciso que el terreno tenga la cantidad necesaria de los demás elementos, para llegar a la cosecha máxima.

Ya se ha dicho que las leguminosas forman tubérculos en las raíces por bacterias diferentes en diversas plantas, que absorbiendo el nitrógeno del aire (y del suelo), esas bacterias lo proporcionan a la planta, influyendo la clase del terreno y condiciones meteorológicas. Las tierras en que se ha cultivado una leguminosa, puede servir de inoculadora de esas bacterias, en terrenos que no las contengan; así como distribuyendo en un suelo exento de esas bacterias, si se cultivan separadamente y se vierten al terreno, éste queda inoculado de las mismas.

En esta propiedad que tienen las leguminosas de absorber del aire atmosférico el nitrógeno, y proveer de este importante elemento a la tierra, está fundado el sistema de cultivo Solari (así llamado en Italia), y el ya anterior de la Sideración o de Ville en Francia. Se añade al terreno el abono mineral necesario (ácido fosfórico, potasa y cal) y se completa con el nitrógeno que proporciona la leguminosa, que así resulta casi gratuito, pues lo obtienen esas plantas del aire; y el abono nitrogenado es precisamente el más caro en las fórmulas de abonos completos.

Estos dos sistemas de cultivo, que tienen igual fundamento, difieren en su aplicación; con el de Sideración (o de Ville) se cultivan las leguminosas para enterrarlas en verde, y servir de abono; con el sistema Solari, se cultivan las leguminosas con doble objeto, el de abonar el terreno y alimentar el ganado. Resulta que con la Sideración de Ville y sistema Schultz- Lupiz, se pierde casi la cosecha de un año, y resulta todo el coste del abono para la planta, generalmente el trigo, que le sigue; con el sistema Solari, no se pierde ninguna cosecha, y el coste del abono se reintegra más pronto y con seguridad.

Las plantas leguminosas enriquecen de nitrógeno especialmente las capas superiores del terreno; y si se siegan para obtener forraje, queda aun en el terreno bastante cantidad de nitrógeno para la cosecha que le sigue. Una cosecha de 18 quintales de trigo y 36 de paja, contiene próximamente 50 kgs. de nitrógeno; y una cosecha de trébol deja al promedio de 60 kgs. de nitrógeno por hectárea; por eso después de una buena cosecha de trébol (ejemplo como buena leguminosa) se obtiene otra buena cosecha de trigo.

Ese nitrógeno que queda en el suelo después del cultivo de la leguminosa, le llama Ville nitrógeno sideral, y Solari le denomina nitrógeno inducido o de inducción.

Para que vegete bien la leguminosa, es preciso que el terreno contenga los demás elementos minerales necesarios para su alimentación; por eso es preciso hacer anticipadamente, la adición al suelo del ácido fosfórico, potasa y cal; así pues, el abono mineral es la base necesaria para la inducción del nitrógeno atmosférico en el suelo, ya se utilicen las leguminosas, con o sin enterrarlas en verde.

Los cereales necesitan que el terreno contenga las suficientes cantidades de ácido fosfórico, potasa, cal y nitrógeno, y entran en la denominación de plantas esquilmantes; y por los procedimientos Solari o Ville, ese último elemento puede ahorrarse y resulta mucho más económico el cultivo. El nitrógeno en estado soluble es la base de la potencia productiva del terreno; pero debe entrar en el abono completo mediante un estudio cuidadoso y que se trata extensamente en la agronomía.

El sistema Solari se basa, en cultivar una planta inductora del nitrógeno en el suelo, en donde ha de seguir inmediatamente una consumidora de este elemento, anticipándolo para ésta, y dando antes al suelo para el cultivo de la leguminosa, el abono mineral necesario a las dos cosechas.

Es preciso anticipar, como dice Solari, al cultivo y siembra de la leguminosa, los otros tres abonos minerales al suelo, en la cantidad y condiciones convenientes, para la cosecha de la leguminosa y del trigo u otra planta que la siga. Calculadas las cantidades de los abonos minerales que necesitan las dos cosechas, por ejemplo, trébol y trigo, hay que extenderlas al terreno, anticipadas de una vez al trébol, después de la siega del trigo. Así el trébol nace y crece lozano y proporciona forraje y nitrógeno inducido al terreno.

Se podrían citar muchos datos prácticos del buen resultado de este sistema cultural, que en pocos años se ha extendido mucho con muy buenos y lucrativos resultados.

Se deduce, pues, que el agrónomo debe estudiar bien la rotación de cultivos que más convenga; por ejemplo en Italia, para sustituir la rotación usual de maíz-trigo, se puede hacer la cuatrienal de maíz, trigo, trébol y trigo, anticipando al primero el abono correspondiente; sembrar el trébol en medio del trigo en primavera; en el tercer año se dan cortes al trébol y el trigo crece por las anticipaciones de abonos de los cultivos anteriores.

Reunidas las ventajas del Dry-Farming y del sistema Solari, puede el agrónomo en cada caso y clase de terreno, estudiar los abonos necesarios y las alternativas de cosechas que sean más convenientes. Este estudio es esencial para el cultivo útil de los secanos, y que debe hacerse teórica y experimentalmente, para cada comarca agrícola.

Resumen.—De las notas que se han expuesto puede deducirse en resumen lo siguiente:

1.° Que la ciencia agrícola realmente no se estudió en sus fundamentos, hasta la mitad del siglo pasado. Los modernos estudios de la agronomía fundados en principios científicos, han elevado la agricultura a la altura que puedan estar todas las industrias; pero con la circunstancia que ninguna es más compleja que las ciencias y prácticas agrícolas.

2.° Sin la aplicación a los cultivos de los principios y estudio agronómico del suelo, clima y de la planta, no se obtendrán máximas cosechas, y nunca podremos competir en el mercado mundial, con los productos que obtienen de sus tierras en los países adelantados; y que por esto es necesario que las personas instruídas se dediquen a este estudio y propaguen sus conocimientos entre el pueblo agricultor.

3.° Ningún progreso ni adelanto debe hoy preocupar tanto al Gobierno y Corporaciones oficiales como los agrícolas, creando escuelas de agricultura, laboratorios, estaciones agronómicas, granjas experimentales, bibliotecas, enseñanza ambulante, etc., para difundir los conocimientos que son necesarios de la moderna agronomía. En una palabra, que se debe alcanzar la evolución que en esta principal industria se ha verificado en otras naciones, y crear en la nuestra el cariño, la afición, el espíritu rural, que es preciso para que nuestros labradores se eleven a la categoría de agricultores.

4.° Por los datos estadísticos que se han presentado, se ve el retraso en que está nuestra producción agrícola, a pesar de lo mucho en que excede el valor agrícola al de las demás industrias; y esto sin embargo, de no llegar a la cuarta parte la superficie de nuestro territorio, sometida al cultivo. La destinada exclusivamente al cultivo cereal suma las tres cuartas partes de esta superficie, y por lo tanto esto indica la necesidad de mejorar y además extender

ese cultivo a la mayor superficie posible. El valor de las producciones del sistema cereal es de 2.161 millones de peestas, siendo el total agrícola de 4.689 millones de pesetas.

5.° La superficie de regadío en nuestro país no llega al 2 ½ por 100 de la superficie total de nuestro territroio; mientras que la extensión de los terrenos de secano susceptibles de cultivo es la mayoría de la nación. Por esto la gran importancia de aumentar el cultivo de los terrenos de secano y mejorar en los que hoy lo están, por métodos rutinarios y sin atender a los preceptos de la agronomía.

6.° Resulta del examen de las observaciones meteorológicas, verificadas en la península, que es poca la extensión en que la lluvia anual es menor de 400 milímetros; una gran extensión corresponde a las lluvias de 500 a 700 milímetros; y existiendo otras muy superiores a estas alturas. Por lo tanto, en nuestro territorio, en la parte de los terrenos de secano, podemos decir que tiene condiciones para el cultivo, por sistemas modernos, que se emplean en otros países, de condiciones parecidas o iguales a las nuestras.

7.° Se han expuesto datos para demostrar las grandes ventajas de la motocultura, es decir, la aplicación a las labores de la tierra por los motores de combustibles líquidos; y la necesidad en España de propagarlos por la mucha utilidad que reportarían a nuestra agricultura. Los muchos datos y experiencias que se exponen de las labores que se ejecutan con dichos motores, dan el convencimiento que la motocultura está destinada, en muy corto plazo, a variar nuestros procedimientos de cultivo, y es un factor necesario, para que se pueda extender muchísimo el cultivo en los terrenos de secano, con notable producción y riqueza para el país.

8.° Como ejemplo y demostración de la necesidad y utilidad de ese cultivo, se presentan algunos datos sobre las estepas españolas y las Colonias agrícolas y Colonización interior que lo demuestran.

9.° Se han hecho consideraciones sobre el regadío y el secano en España, para demostrar que si efectivamente tiene mucha importancia el proporcionar el riego a la mayor extensión posible, como ésta tiene que ser forzosamente pequeña, por la escasa cantidad de agua disponible, hay que pensar también en buscar el aumento de nuestra producción, en el cultivo de los terrenos de secano.

10. El cultivo cereal, el arbustivo y el de las plantas leguminosas, han de ser bases para el estudio en la utilización de los terrenos de secano a que puedan extenderse los sistemas modernos de cultivo.

11. Con objeto de comparar la explotación actual de los terrenos de secano, a la que en España deben tener, se han expuesto los defectos del actual cultivo, basado sólo en la rutina; y a la vez, dentro de estos malos procedimientos, se hacen indicaciones de las reformas que en ellos se pueden introducir, aun sin llegar a los sistemas modernos que se proponen.

12. Importante sería exponer con todo detalle los sistemas de cultivo de-

nominados del Dry-Farming, Jean, de Sideración de Ville y de Inducción o de Solari; pero su extensión saldría de los límites que pueden darse a estas notas; limitándonos por lo mismo, solamente a su explicación agronómica y a datos que son interesantes, para demostrar que el cultivo de los terrenos de secano de España, debe basarse en esos sistemas y teorías agronómicas que son ya bien conocidas y demostradas.

Por esto es preciso un estudio científico en cada región, para indicar a los agricultores lo que deben hacer para no tener casi improductivas sus tierras, y aumentar su riqueza. La vanguardia de nuestra regeneración agrícola han de ser los agrónomos; personas dedicadas a la ciencia y que difundan entre los agricultores los procedimientos de la moderna agricultura, los cultivos, la maquinaria agrícola, problemas de la alimentación vegetal y los muchísimos que integran la producción agrícola.

Es preciso, por todos los medios posibles, procurar el aumento de producción agrícola en España, y para ello creo que sería un factor muy importante el mejorar los cultivos, especialmente de los cereales, y ensanchar la extensión de la labor agrícola a los terrenos de secano y eriales que hoy son casi improductivos.

Para esto, teniendo en cuenta en primer término que es el Gobierno a quien más corresponde al fomento de la agricultura nacional, para aumentar nuestra producción y evitar en mucho la emigración de los obreros del campo, y que a ello deben contribuir las Sociedades agrícolas y los agricultores, entre otros muchos medios, creemos podrían proponerse los siguientes:

1.° Con objeto de facilitar el que muchos terrenos yermos, casi sin ninguna producción pueda utilizarse mucho mejor, se debería declarar de utilidad pública, todos los trabajos que tuvieran por objeto el cultivo de esos terrenos de secano, concediéndose a las Sociedades y particulares que tales mejoras se propongan, con derecho a su expropiación forzosa, mediante bien meditada reglamentación.

2.° Deben darse subvenciones a los particulares dueños de terrenos incultos de secano o a los que los adquieran, según se ha indicado, con un premio por hectárea cultivada, conforme se hace con las Obras públicas y otras mejoras para el adelanto y producción nacional.

3.° Exención de todos los impuestos durante diez años, a los terrenos de secano que se pongan en cultivo agrícola.

4.° Establecer en todas las provincias escuelas prácticas de agricultura y las especiales que convengan a cada comarca.

5.° Por lo pronto, establecer en las provincias en que más interés tenga el cultivo de secano, escuelas prácticas, en donde se enseñe especialmente esta clase de cultivo, y el de las máquinas agrícolas adecuadas al mismo, y destinadas a las instruciones de obreros y maquinistas agrícolas, que pueden enseñar prácticamente los trabajos de explotación completa de terrenos de secano.

6.° Efectuar experiencias sobre los sistemas de cultivo Dry-Farming y

otros, en diversas comarcas, que sean apropiadas en nuestros terrenos de secano e incultos; para que sirvan de ejemplo y enseñanza y estímulo a los propietarios agricultores y a los obreros.

7.° Establecer en varias provincias, estaciones agronómicas del cultivo de secano, provistas de material científico necesario y de máquinas agrícolas, que se puedan prestar a los agricultores y para su enseñanza y ensayo. A la vez, para que se efectúen los estudios de los terrenos y procedimientos especiales de ese cultivo; y tener mecánicos entendidos, para que puedan ensayar y manejar los motores, arados y demás aparatos para la motocultura; y los de siembra, recolección y demás trabajos necesarios a la buena y moderna explotación de los terrenos de secano.

8.° Que se efectúen en diversas regiones, concursos para premiar a los agricultores que pongan en cultivo más de cincuenta hectáreas de terrenos de secano; a los constructores e importadores de aparatos de motocultura; a los obreros que mejor manejen estos aparatos y a los agricultores y propietarios rurales, sociedades y particulares, que más se distingan en la protección y desarrollo de estos adelantos y trabajos agrícolas.

9.° Que se eximan de derechos arancelarios e impuestos a los combustibles líquidos que se destinen para los motores de las máquinas agrícolas.

10. El gobierno debe propagar la Colonización interior, asignando un presupuesto suficiente, para que la "Junta central de Colonización y Repoblación interior" pueda extender su benéfica acción a muchas regiones de España, y auxiliar el escaso personal técnico que hoy tiene, y para que su trabajo sirva de ejemplo a los grandes agricultores y Sociedades agrícolas, a fin de que extiendan los cultivos de sus tierras y aumenten la población rural en nuestra nación.

Todos debemos contribuir con nuestros conocimientos y medios de que se puedan disponer, para convencer a los propietarios rurales, a que adopten en sus fincas todas las mejoras ya sancionadas, en la agricultura moderna; que a la vez cuantas personas se dedican al estudio difundan sus conocimientos agrícolas y se forme verdadera afición a la agricultura. Por eso he creído de mi deber llamar la atención de mis compañeros de la Academia, sobre tan interesantes estudios de la Agronomía y que todos contribuyamos al engrandecimiento de la producción agrícola de nuestra nación.

Barcelona, abril de 1917.

PRESENTED
8 MAR. 1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 23

BRITISH MUSEUM
NATURAL

SISTEMAS DE CURVAS PLANAS QUE POR UN CAMBIO DE POSICIÓN EN EL PLANO, SE TRANSFORMAN EN SU SISTEMA ORTOGONAL

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. FERNANDO TALLADA Y COMELLA

Publicada en diciembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

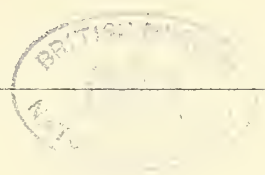
MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 23



SISTEMAS DE CURVAS PLANAS QUE POR UN CAMBIO DE POSICIÓN EN EL PLANO, SE TRANSFORMAN EN SU SISTEMA ORTOGONAL

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. FERNANDO TALLADA Y COMELLA

Publicada en diciembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

SISTEMAS DE CURVAS PLANAS QUE POR UN CAMBIO DE POSICIÓN EN EL PLANO, SE TRANSFORMAN EN SU SISTEMA ORTOGONAL

por el académico numerario

D. FERNANDO TALLADA Y COMELLA

Sesión del día 28 de febrero de 1916

El problema que nos proponemos estudiar en la presente memoria tiene por objeto la determinación de todos los sistemas de curvas planas, cuyas trayectorias ortogonales están constituídas por el mismo sistema convenientemente cambiado de posición en su plano.

Estudiaremos en primer lugar el caso en que las trayectorias ortogonales se obtienen por una traslación de conjunto de todo el sistema de curvas primitivo y luego pasaremos a considerar el caso en que el cambio de posición del sistema que nos da sus trayectorias ortogonales consiste en una rotación.

Para abreviar, a las curvas del sistema primitivo las designaremos con el nombre de curvas C y a sus trayectorias ortogonales con el nombre de curvas C_1.

I. — TRASLACIÓN

1. Sea

$$C = f(x, y) \qquad (1)$$

la ecuación del sistema de curvas cuyas trayectorias ortogonales hemos de obtener por una traslación del mismo sistema. C representa el parámetro que guarda un valor constante a lo largo de cada una de las curvas del sistema.

Por hipótesis, la ecuación del sistema de trayectorias ortogonales será de la forma

$$C_1 = f(x + a, y + b) \qquad (2)$$

en la que a y b representan los componentes de la traslación.

El coeficiente angular de la tangente a una curva cualquiera del sistema (1) se deducirá de la siguiente ecuación

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} + \frac{\partial f(x, y)}{\partial y}\frac{dy}{dx} = 0, \qquad (3)$$

Del mismo modo, el coeficiente angular de la tangente a una curva cualquiera del sistemá (2), se deducirá de la ecuación siguiente :

$$\frac{\partial f(x+a, y+b)}{\partial x} + \frac{\partial f(x+a, y+b)}{\partial y}\frac{dy}{dx} = o$$

Ahora bien, como esta última ecuación se puede obtener de la ecuación (3) substituyendo x e y respectivamente por $x+a$ e $y+b$, si representamos por θ_1 y θ_2 los ángulos que con el eje de las x forman en un punto dado cualquiera del plano respectivamente la tangente a la curva C que pasa por dicho punto y la tangente a la curva C_1 que pasa por el mismo punto, y además hacemos

$$\theta_1 = \varphi(x, y),$$

se tendrá

$$\theta_2 = \varphi(x+a, y+b)$$

Según esto, la condición de ortogonalidad podremos expresarla como sigue

$$\varphi(x+a, y+b) = \varphi(x, y) + \frac{2n+1}{2}\pi$$

ecuación en la que n es un número entero cualquiera.

Escribamos

$$\varphi(x, y) = p\,x + q\,y + \Psi(x, y)$$

expresión en la que p y q son dos números que satisfacen a la condición

$$a\,p + b\,q = \frac{2n+1}{2}\pi \qquad (4)$$

y $\Psi(x, y)$ una nueva función a determinar.

Se tendrá

$$\varphi(x+a, y+b) = (a\,p + b\,q) + p\,x + q\,y + \Psi(x+a, y+b) = \frac{2n+1}{2}\pi + \\ + p\,x + q\,y + \Psi(x+a, y+b),$$

y, en virtud de la condición de ortogonalidad

$$\Psi(x+a, y+b) = \Psi(x, y). \qquad (5)$$

Por lo tanto, $\Psi(x, y)$ será una función arbitraria únicamente sujeta a esta

última condición. Podemos decir que $\Psi(x, y)$ es una función periódica en x, y en el sentido correspondiente a la ecuación (5).

En definitiva, como ecuación diferencial del sistema de curvas C, tendremos

$$\frac{dy}{dx} = tg.\left[p\,x + q\,y + \Psi(x, y)\right] \qquad (6)$$

con las condiciones (4) y (5) referentes a p y q y a la función $\Psi(x, y)$.

La ecuación (6), aún que general, no es la única forma bajo la cual podemos escribir la ecuación diferencial de las curvas C. Podemos escribirla, en efecto, bajo otras formas que si bien equivalentes en el fondo a la ecuación (6), nos sugieren más fácilmente determinadas soluciones. Por ejemplo, podríamos escribir

$$\frac{dy}{dx} = \Phi(x, y)\; t\,g\left[p\,x + q\,y + \Psi(x, y)\right] \qquad (7)$$

siendo $\Phi(x, y)$ una función que satisface a la siguiente condición

$$\Phi(x + a, y + b)\,\Phi(x, y) = 1 \qquad (7')$$

2. Puede observarse que siempre que los segundos miembros de las ecuaciones (6) o (7) son funciones exclusivamente de x, el problema se resuelve por una cuadratura presentándose la ecuación de las curvas C bajo la forma

$$y = C + \omega(x)$$

que corresponde a una familia de curvas iguales deducidas todas de una de ellas por traslaciones paralelas al eje de las y.

Del mismo modo la integración se efectuará por medio de una cuadratura si la ecuación (6) es de la forma

$$\frac{dy}{dx} = tg.\left[p\,x + q\,y + \Psi(p\,x + q\,y)\right]$$

Hagamos, en efecto, el siguiente cambio de variables

$$x = \frac{1}{\sqrt{p^2 + q^2}}\left(p\,x_1 - q\,y_1\right)$$

$$y = \frac{1}{\sqrt{p_2 + q_2}}\left(q\,x_1 + p\,y_1\right)$$

correspondiente a una rotación de los ejes en el sentido de x a y de un ángulo γ tal que

$$tg\,\gamma = \frac{q}{p}\,.$$

Se tendrá

$$p\,x + q\,y = \sqrt{p_2 + q_2}\,x_1 = p_1\,x_1$$

$$\frac{d\,y}{d\,x} = \frac{q + p\dfrac{d\,y_1}{d\,x_1}}{p - q\dfrac{d\,y_1}{d\,x_1}} = tg\left[p_1\,x_1 + \Psi\,(p_1\,x_1)\right]$$

de donde

$$\frac{d\,y_1}{d\,x_1} = \frac{tg\left[p_1\,x_1 + \Psi\,(p_1\,x_1)\right] - \dfrac{q}{p}}{1 + \dfrac{q}{p}\,tg\left[p_1\,x_1 + \Psi\,(p_1\,x_1)\right]}$$

o bien

$$\frac{d\,y_1}{d\,x_1} = tg\left[p_1\,x_1 + \Psi\,(p_1\,x_1) - \gamma\right]$$

ecuación diferencial que integraremos con una cuadratura y que, según lo observado en el caso anterior, corresponderá a una familia de curvas iguales trasladadas paralelamente al eje de las y_1. El período a_1 de la función $\Psi\,(p_1\,x_1)$ será

$$a_1 = \frac{a\,p + b\,q}{\sqrt{p_2 + q_2}}\,.$$

De modo que, en definitiva, este caso y el anterior son en el fondo equivalentes no correspondiendo la diferencia de forma de la ecuación diferencial más que a un cambio de orientación de los ejes.

Consideremos nuevamente el caso en que el segundo miembro de la ecuación diferencial de las curvas C es exclusivamente función de x o sea

$$\frac{d\,y}{d\,x} = tg\left[p\,x + \Psi\,(x)\right]$$

expresión en la que

$$p = \frac{2\,n + 1}{2}\,\frac{\pi}{a}$$

siendo a el período de la función $\Psi\,(x)$.

Obtendremos, en especial, bajo forma finita la ecuación de las curvas C, siempre que

$$\Psi\,(x) = arc\,tg\,R\left[sen\,\frac{2\,(2\,n+1)}{a}\,\pi\,x\,,\,cos\,\frac{2\,(2\,n+1)}{a}\,\pi\,x\right]$$

expresión en la que R es símbolo de función racional de los elementos que figuran en el corchete. En efecto, la ecuación diferencial tomará la siguiente forma

$$\frac{d\,y}{d\,x} = \frac{tg\;p\;x + R\left[sen\;4\,p\,x\;,\;cos\,4\,p\,x\right]}{1 - tg\,p\,x\;.\;R\left[sen\,4\,p\,x\;,\;cos\,4\,p\,x\right]}$$

y como $sen\;4\;p\;x\,,\,cos\;4\,p\,x$ se expresan racionalmente en función de $tg\;p\;x$, en definitiva se tendrá

$$\frac{d\,y}{d\,x} = R\,(tg\,p\,x)$$

ecuación en la que R es símbolo de función racional. Sabido es que la integral

$$\int R\,(tg\,p\,x)\,d\,x$$

se expresa bajo forma finita por medio de las trascendentes elementales.

Como caso particular más sencillo podemos considerar aquel en que

$$\Psi\,(x) = o\,.$$

Como ecuación diferencial de las curvas C se tendrá

$$\frac{d\,y}{d\,x} = tg\;p\;x$$

cuya integral podemos escribir bajo la siguiente forma

$$e^{p\,y}\,cos\,p\,x = C$$

Esta ecuación corresponde a una familia de catenarias de igual resistencia representadas en la Fig. 1, junto con sus trayectorias ortogonales. Como ecuación de las trayectorias ortogonales se tendrá

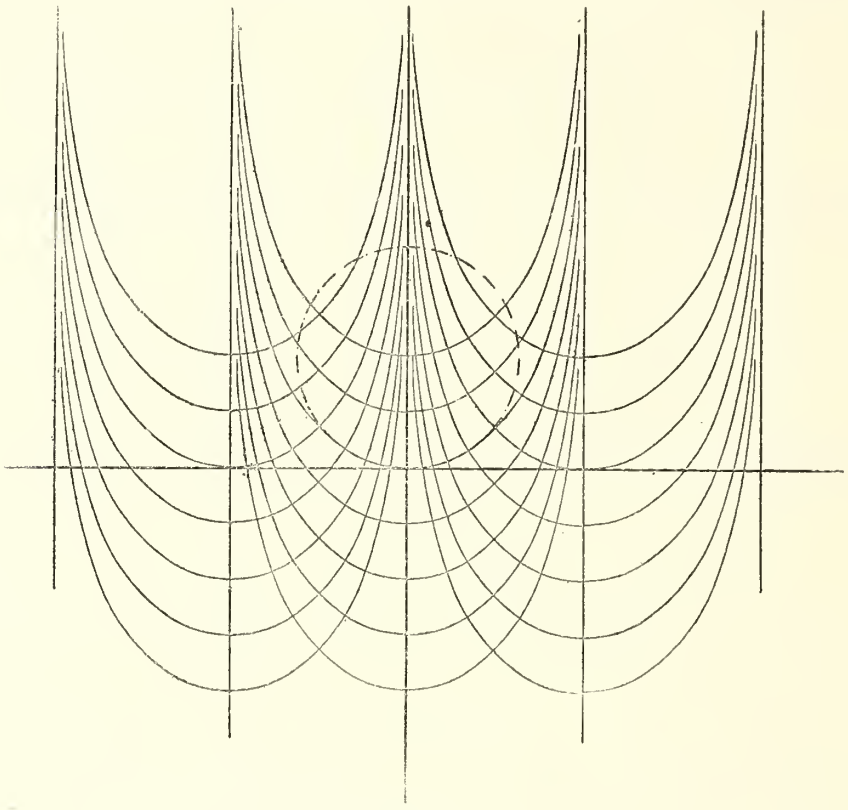


Fig. 1

$$e^{p\,y} \operatorname{sen} p\,x = C$$

La ecuación (7) nos sugiere inmediatamente como generalización del caso que nos ha conducido a las çatenarias de igual resistencia, el siguiente :

$$\Phi\,(x\ ,\ y) = tg^{2\,m}\,(p\,x)$$

con

$$q = o\ ,\ \Psi\,(x) = o$$

como en el caso anterior. La ecuación diferencial será

$$\frac{dy}{dx} = tg^{2m+1} px$$

y su integral

$$y = C + \frac{1}{p}\left[\frac{tg^{2m} px}{2m} - \frac{tg^{2m-2} px}{2m-2} + \ldots\ldots\ldots \pm \frac{tg^{2} px}{2} \pm l.\, cos.\, p\, x\right]. \quad (8)$$

Para obtener la misma solución partiendo de la ecuación (6) debiéramos haber hecho

$$q = o$$

$$\Psi(x) = arc\ tg\left(tg\ p\, x\ \frac{tg^{2m} px - 1}{tg^{2m+2} px + 1}\right)$$

La Fig. 2 representa las curvas C de la ecuación (8) y sus trayectorias ortogonales en el caso en que $m = 1$. Dando a m una serie de valores crecientes

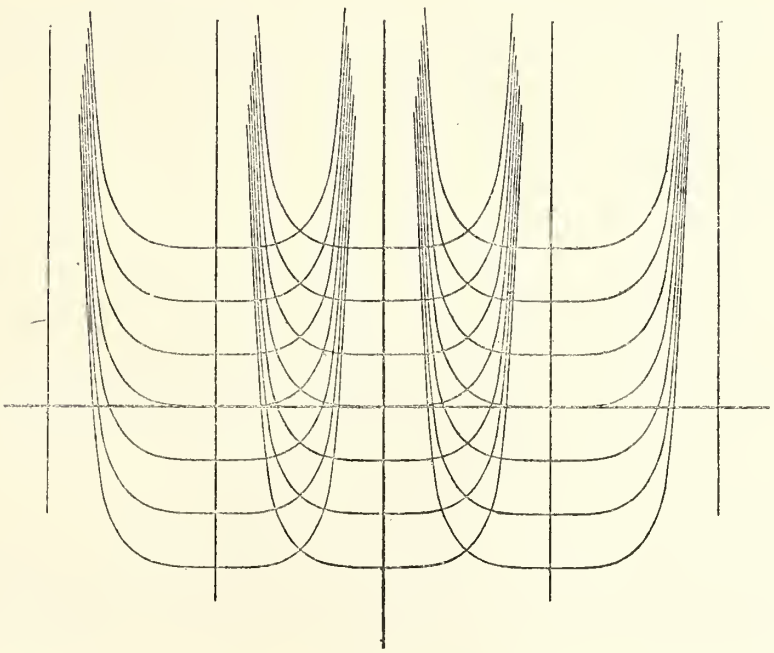


Fig. 2

obtendríamos sistemas de curvas análogas al que corresponde a m igual a 1, pero tales que tenderían a confundirse con un segmento de longitud $\frac{\pi}{p}$ paralelo al eje de las x y dos semi-rectas paralelas al eje de las y, para confundirse realmente con dichos segmento y semi-rectas cuando $m = \infty$.

3. En los dos casos particulares que acabamos de considerar, solo se fija la componente de la traslación paralela al eje de las x pues, siendo $q = 0$, la componente de la traslación paralela al eje de las y es arbitraria y, por lo tanto, podemos considerarla como nula. La ecuación (7) nos conduce a un caso sencillo de traslación con componentes según los dos ejes coordenados. Tomemos

$$\Phi(x, y) = tg^2 q_1 y$$
$$q = 0 \quad , \quad \Psi(x) = 0$$

de modo que

$$a p = \frac{2n + 1}{2} \pi \quad , \quad b q_1 = \frac{2 n_1 + 1}{2} \pi .$$

La ecuación diferencial tomará la siguiente forma particular

$$\frac{dy}{dx} = tg^2 q_1 y \quad . \quad tg\, p x$$

de donde deducimos integrando

$$\cos. p x = C e^{\frac{p}{q_1}\left[q_1 y + cotg\ q_1 y\right]} .$$

Todas las curvas del sistema pasarán por los puntos de coordenadas

$$x = \frac{2n + 1}{2p} \pi \quad , \quad y = \frac{2 n_1 + 1}{q_1} \pi$$

expresiones en las que n y n_1 son números enteros cualesquiera.

Es de observar, y ello constituye un caso interesante, que la traslación puede tener también sus componentes imaginarias sin que deje de ser real el sistema ortogonal obtenido. Sea por ejemplo

$$\Phi(x, y) = i\, cotg.\, (q_1\, i\, y)$$

con la condición

$$q_1 \, i \, b = \frac{2 \, n_1 + 1}{2} \pi$$

de modo que la componente de la traslación paralela al eje de las y será

$$b = - \, i \, \frac{2 \, n_1 + 1}{2 \, q_1} \pi$$

siendo q_1 una cantidad real. En este caso tendremos

$$\Phi \, (x + a \, , \, y + b) = i \, cotg \left[q_1 \, i \, y + \left(\frac{2 \, n_1 + 1}{2} \right) \pi \right] = - \, i \, tg \left[q_1 \, i \, y \right]$$

de modo que

$$\Phi \, (x + a, \, y + b) \, \Phi \, (x \, , \, y) = 1$$

cumpliéndose, por lo tanto, la condición (7'). Hagamos además

$$q = o \, , \; \Psi \, (x \, , \, y) = o \, ,$$

y la ecuación diferencial a integrar será la siguiente:

$$\frac{d \, y}{d \, x} = i \, cotg \, (q_1 \, i \, y) \, tg \, p x$$

o bien

$$\frac{d \, y}{d \, x} = \frac{e^{q_1 \, y} + e^{- \, q_1 \, y}}{e^{q_1 \, y} - e^{- \, q_1 \, y}} \, tg \, p \, x$$

de donde, separando variables e integrando

$$\left[e^{q_1 \, y} + e^{- \, q_1 \, y} \right]^{\frac{p}{q_1}} cos \, p \, x = C.$$

Al incrementar x en a e y en b, como ecuación de las trayectorias ortogonales, tendremos

$$\left[e^{q_1 \, y} - e^{- \, q_1 \, y} \right]^{\frac{p}{q_1}} sen \, p \, x = C_1$$

En realidad, en este caso, *la componente imaginaria de la traslación produce una deformación del sistema,* de modo que podemos decir que las condiciones del problema se cumplen bajo el punto de vista analítico, pero no precisamente bajo el punto de vista gráfico. No estaría quizás desprovista de interés una interpretación geométrica de las referidas traslaciones imaginarias.

4. Vamos a estudiar de un modo general las curvas definidas por la ecuación.

$$\frac{d\,y}{d\,x} = tg\left[p\,x + \Psi\,(x)\right]. \qquad (9)$$

Sean x_1 y x_2 dos valores tales que

$$p\,x_1 + \Psi\,(x_1) = \frac{2\,n_1 + 1}{2}\,\pi \quad , \quad p\,x_2 + \Psi\,(x_2) = \frac{2\,n_2 + 1}{2}\,\pi$$

de modo que no exista entre x_1 y x_2 otro valor de x que verifique igualdades de esta forma.

Para $x = x_1$, la tangente será normal al eje de las x. Veamos cual será el valor y_1 de y. Integrando la ecuación (9), tendremos

$$y_1 - y_0 = \int_{x_0}^{x_1} tg\left[p\,x + \Psi\,(x)\right] d\,x.$$

Supongamos que $\Psi'\,(x)$ sea finita y continua para $x = x_1$; podremos tomar x_0 suficientemente próxima a x_1 para que

$$\left| p + \Psi'\,(x) \right| < k$$

para todos los valores de x comprendidos entre x_0 y x_1 y siendo k una cantidad finita y positiva. De aquí se deduce, suponiendo x_0 suficientemente próxima a x_1 para que el signo de la tangente no cambie, signo que, para fijar las ideas, supondremos positivo.

$$\int_{x_0}^{x_1} tg\left[p\,x + \Psi\,(x)\right] d\,x > \frac{1}{k}\left| \int_{x_0}^{x_1} tg\left[p\,x + \Psi\,(x)\right]\left[p + \Psi'\,(x_1)\right] d\,x \right| =$$

$$\frac{1}{k}\left| l.\,\frac{cos\left(p\,x_0 + \Psi\,(x_0)\right)}{cos\left(p\,x_1 + \Psi\,(x_1)\right)} \right|$$

Como el último miembro es infinito, la $y_1 - y_0$ será infinita. Así pues, las

curvas definidas por la ecuación (9) tendrán por asíntota la recta $x = x_1$. Por el mismo motivo, tendrán por asíntota la recta $x = x_2$.

Para que x_1 y x_2 sean reales bastará que tenga raíces reales la ecuación

$$p\,x + \Psi(x) = o \qquad (10)$$

puesto que la periodicidad de $\Psi(x)$ o sea

$$\Psi(x + a) = \Psi(x)$$

nos indica que si x' es raíz de (10), se tendrá

$$p\,x_1 + \Psi(x_1) = \frac{\pi}{2}$$

siendo

$$x_1 = x' + a$$

Ahora bien, es fácil demostrar que siendo $\Psi(x)$ una función periódica, la ecuación (10) tendrá por lo menos una raíz real.

Así pues, bajo la condición supuesta para $\Psi'(x)$, *todas las curvas definidas por la ecuación (9), tendrán ramas infinitas con asíntotas paralelas al eje de las y.*

Para calcular el radio de curvatura de las curvas definidas por la ecuación (9), teudremos

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{p + \Psi'(x)}{\cos^2 \left[p\,x + \Psi(x)\right]}$$

con lo cual

$$\rho = \frac{1}{\left[p + \Psi'(x)\right] \cos \left[p\,x + \Psi(x)\right]}.$$

El radio de curvatura se hará infinito si se verifica una de las dos ecuaciones

$$\cos \left[p\,x + \Psi(x)\right] = o$$

$$p + \Psi''(x) = o$$

Pero los valores de x que satisfacen a la primera de estas dos ecuaciones hemos visto que corresponden a los puntos situados al infinito. Así pues, los puntos de inflexión nos vendrán dados por las raices reales de la segunda ecuación.

La Fig. 3 es un ejemplo de curvas con puntos de inflexión correspondientes a la ecuación

$$\frac{d\,y}{d\,x} = tg\left[p\,x - sen\,4\,p\,x\right].$$

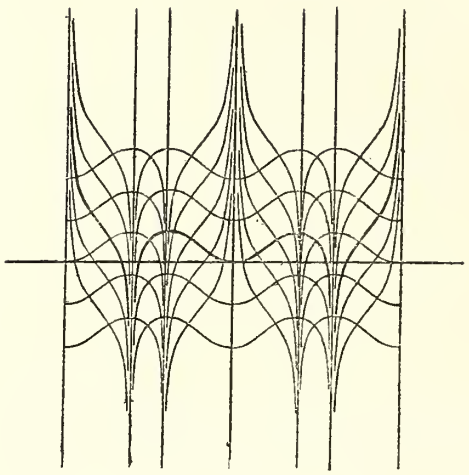


FIG. 3

Si aplicamos la fórmula del radio de curvatura a las catenarias de igual resistencia, tendremos

$$\rho = \frac{1}{p\,cos\,p\,x}.$$

Su valor en el origen será

$$\rho_0 = \frac{1}{p}.$$

Para las curvas de la figura 2 se tiene

$$\rho = cos^2\,p\,x\,\frac{\left[1 + tg^6\,p\,x\right]^{\frac{3}{2}}}{3\,p\,tg^2\,p\,x}$$

y en el origen

$$\rho_0 = \infty.$$

Conocido el radio de curvatura en un punto cualquiera de una curva C de la ecuación (9), y trazada su tangente, se puede determinar por una sencilla construcción el radio de curvatura de la curva C_1 que pasa por el mismo punto. En

efecto, para pasar de las curvas (9) a sus trayectorias ortogonales basta substituir x por $x + a$; pero como

$$\Psi (x + a) = \Psi (x) \quad , \quad \Psi' (x + a) = \Psi' (x)$$

y además

$$p (x + a) = p x + p a = p x + \frac{2 n + 1}{2} \pi$$

se tendrá

$$cos \left[p (x + a) + \Psi (x + a)\right] = - sen \left[p x + \Psi (x)\right]$$

y de aquí, si designamos por ρ_1 el radio de curvatura de las trayectorias ortogonales de las curvas (9);

$$\rho_1 = - \frac{1}{\left[p + \Psi' (x)\right] sen \left[p x + \Psi (x)\right]}$$

por lo tanto, en un punto cualquiera tendremos

$$\frac{\rho_1}{\rho} = - tg \left[p x + \Psi (x)\right] = - \frac{d y}{d x}$$

La interpretación geométrica de esta fórmula nos da el siguiente teorema:

La recta que une los centros de curvatura de dos curvas C y C_1 correspondientes a su punto de intersección, es paralela al eje de las x.

De aqui se deriva la siguiente construcción:

Sea C una curva cualquiera de uno de los sistemas definidos por la ecuación (9) y c el centro de curvatura en un punto m;

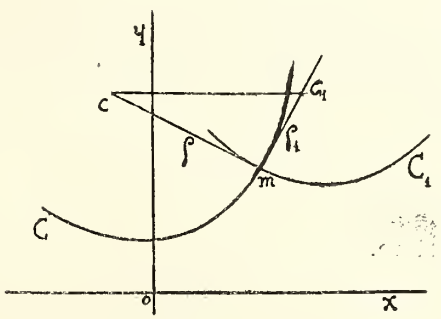


Fig. 4

tracemos desde c una paralela al eje x hasta que corte a la tangente en m a

dicha curva C; el punto c_1 de intersección es el centro de curvatura de su trayectoria ortogonal en m.

II. — Rotación

5. Supongamos ahora que para obtener las trayectorias ortogonales del sistema de curvas C baste imprimir a dicho sistema una rotación en su plano. Tomemos el punto alrededor del cual se ejecuta la rotación por polo en un sistema de coordenadas polares. Si el ángulo γ que forma la tangente a las curvas C con el radio vector tiene por expresión

$$\gamma = \varphi(\theta, \rho)$$

en la que ρ designa el radio vector y θ el ángulo polar, el ángulo γ_1 que formará la tangente a las curvas C_1 deberá ser, según las condiciones del problema,

$$\gamma_1 = \varphi(\theta + \alpha, \rho)$$

tal que

$$\varphi(\theta, \rho) + \frac{2n+1}{2}\pi = \varphi(\theta + \alpha, \rho)$$

siendo α la rotación de conjunto que se da al sistema de curvas C para obtener sus trayectorias ortogonales.

Repitiendo el razonamiento que utilizamos al estudiar las trayectorias ortogonales por traslación, es facil establecer que la función $\varphi(\theta, \rho)$ deberá ser de la siguiente forma

$$\varphi(\theta, \rho) = p\,\theta + \Psi(\theta, \rho)$$

en la que Ψ es una función periódica en θ de período α, y p una constante que cumple con la condición

$$p\,\alpha = \frac{2n+1}{2}\pi$$

siendo n un número entero.

Como

$$tg\,\gamma = \rho\,\frac{d\,\theta}{d\,\rho}$$

la ecuación diferencial de las curvas que estudiamos será

$$\rho \frac{d\theta}{d\rho} = tg\left[p\,\theta + \Psi(\theta, \rho)\right]$$

Si Ψ solo depende de θ, la ecuación se integra por una sola cuadratura, obteniéndose

$$\rho = C\, e^{\int cotg\left[p\,\theta + \Psi(\theta)\right] d\theta}$$

expresión en la que C es una constante arbitraria. Todas las curvas de la familia serán homotéticas de una de ellas respecto al polo.

6. Consideremos algunos casos particulares. Sea

$$\Psi(\theta) = o \quad .$$

Como ecuación polar de las curvas C tendremos

$$\rho = C\,(sen\, p\,\theta)^{\frac{1}{p}} \qquad (11)$$

Si p es positiva, todos los valores que podrá tomar ρ para valores finitos de C, serán finitos; pero si p es negativa, las curvas tendrán ramas infinitas.

Al estudiar las trayectorias ortogonales obtenidas por traslación, todos los sistemas particulares de curvas C que hemos obtenido han sido trascendentes y probablemente no existirá ningún sistema algébrico que goce de la propiedad estudiada. No ocurre lo mismo con los sistemas que por rotación nos dan sus trayectorias ortogonales. En particular, los sistemas de curvas C definidos por la ecuación (11), son algébricos para todos los valores racionales del parámetro p y, como veremos al dar a dicho parámetro algunos valores particulares, existen sistemas de curvas C constituidos por rectas, circunferencias, hipérbolas, parábolas y lemniscatas. Por otra parte, sin hacer una afirmación definitiva, pues no he estudiado detenidamente la cuestión, parece que la ecuación (11) contiene todas las soluciones algébricas posibles dando, como hemos dicho, valores racionales al parámetro p.

Veamos ahora las soluciones que se obtienen al dar a p algunos valores particulares.

1.° $\qquad p = \frac{1}{4}$

Se tendrá

$$\rho = C\, sen^4 \frac{\theta}{4}$$

Y como valor del ángulo α que deberán girar las curvas C para obtener sus trayectorias ortogonales

$$\alpha = \frac{2n+1}{2p}\pi = 2(2n+1)\pi$$

o sea un número entero de circunferencias. Por lo tanto, *el sistema de curvas C, en este caso, será ortogonal de si mismo.* Dicho sistema lo hemos representado en la Fig. 5.

2.º $\qquad p = \frac{1}{2}$

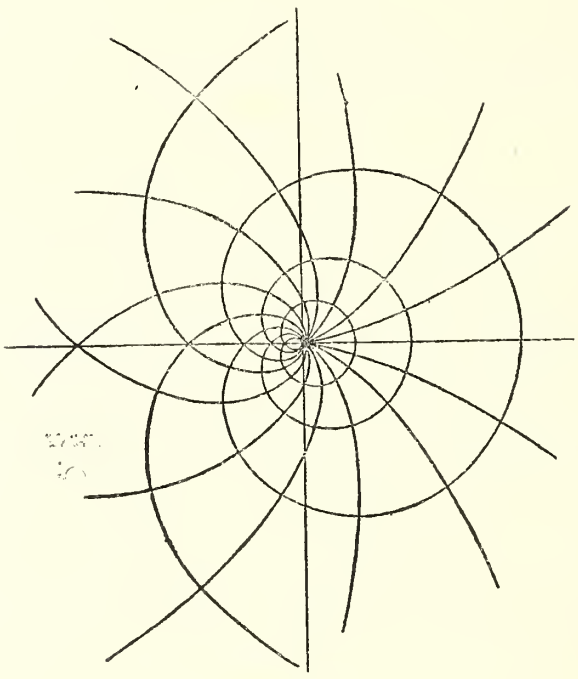


Fig. 5

En este caso tendremos

$$\rho = C\,sen^2\frac{\theta}{2}$$

$$\alpha = \frac{2n+1}{2p}\pi = (2n+1)\pi$$

El sistema de curvas C junto con su sistema ortogonal, obtenido por una rotación igual a π (Fig. 6), formarán un sistema de curvas simétrico respecto los ejes coordenados.

3.° $p = 1$

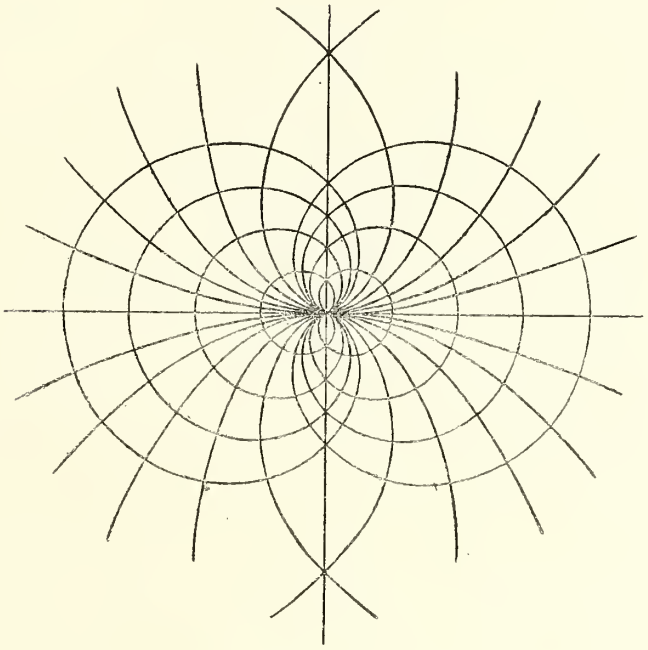


Fig. 6

Se tendrá

$$\rho = C \operatorname{sen} \theta$$

$$\alpha = \frac{2n + 1}{2} \pi$$

La solución obtenida corresponde al caso bien conocido de un sistema de circunferencias tangentes al eje polar en el origen (Fig. 7). La familia de trayectorias ortogonales está constituida por dos sistemas de circunferencias tangentes en el origen a la normal al eje polar.

4.° $p = 2$.

Como ecuación de las curvas C tendremos

$$\rho = C\sqrt{sen\ 2\ \theta}$$

y como valor de α

$$\alpha = \frac{2\ n + 1}{4}\ \pi$$

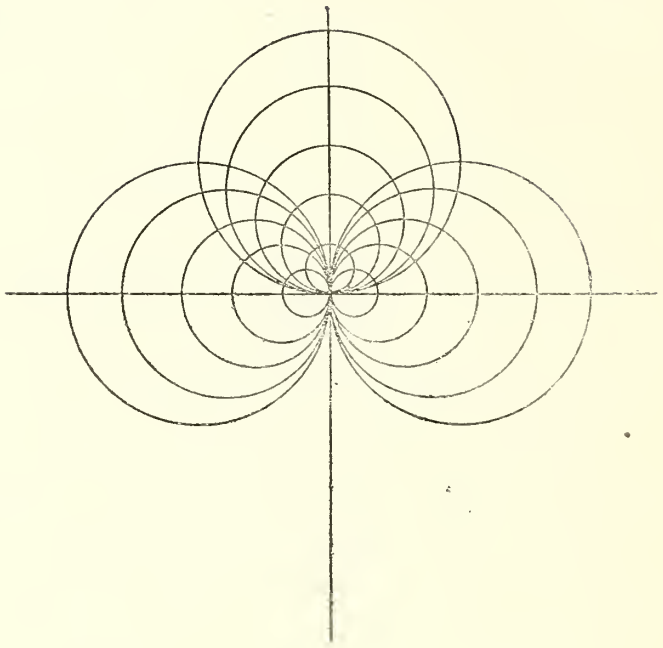


FIG. 7

La Fig. 8 representa el sistema correspondiente a este valor de p estando constituido por un sistema de lemniscatas.

Para valores de p superiores a 2, las curvas del sistema tienen formas análogas a las que presentan en este último caso, pero de lazos cada vez mas estrechos.

Atribuyamos ahora valores negativos a p, lo que, como ya hemos observado, nos dará siempre curvas con ramas infinitas.

5.° $$p = -\frac{1}{4}$$

Se tendrá

$$\rho = \frac{C}{\sqrt[4]{sen\ 4\ \theta}}$$

$$\alpha = -\ 2\ (2\ n + 1)\ \pi$$

El sistema, representado por la Fig. 9, será tambien, como en el caso 1.°, ortogonal de si mismo.

6.° $$p = -\frac{1}{2}$$

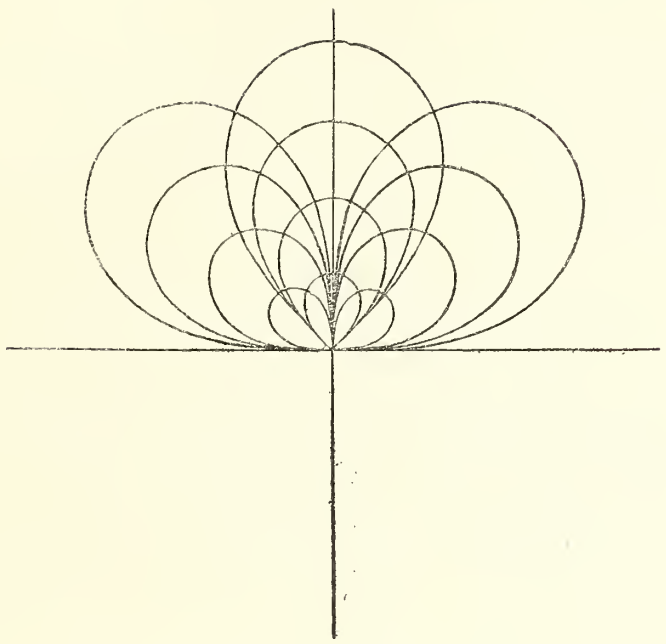


FIG. 8

Se obtiene

$$\rho = \frac{C}{sen^{2}\frac{\theta}{2}}$$

$$\alpha = -(2n+1)\pi$$

Como en el caso 2.°, las curvas C y las curvas C_1 constituyen un sistema simétrico respecto los ejes coordenados. Ambos sistemas vienen representados por la Fig. 10, y están formados por sistemas de parábolas.

7.° $$p = -1$$

En este caso

$$\rho = \frac{C}{sen\,\theta}$$

$$\alpha = -\frac{2n+1}{2}\pi$$

El sistema de curvas C y el de curvas C_1 se compone de rectas paralelas a los ejes coordenados.

8.° $\qquad p = -2$

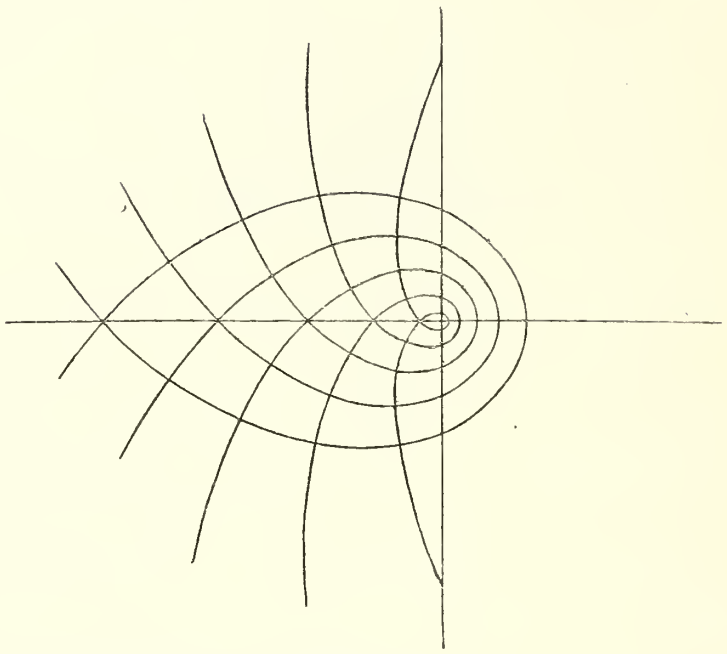


FIG. 9

Se tendrá

$$\rho = \frac{C}{\sqrt{sen\ 2\ \theta}}$$

$$\alpha = -\frac{2n+1}{4}\pi$$

El sistema está constituido por hipérbolas equiláteras con los ejes coordenados como asíntotas. (Fig. 11).

Para valores de p superiores a 2 las curvas C presentan formas análogas a las hipérbolas del último caso, pero con menor abertura de las ramas infinitas.

7. Igualmente podemos obtener bajo forma finita la ecuación de las curvas C, entre otros casos cuando

$$\Psi(\theta) = arc.\ cotg\ R\left[sen\ \frac{2(2n+1)}{\alpha}\pi\theta\ ,\ cos\ \frac{2(2n+1)}{\alpha}\pi\theta \right],$$

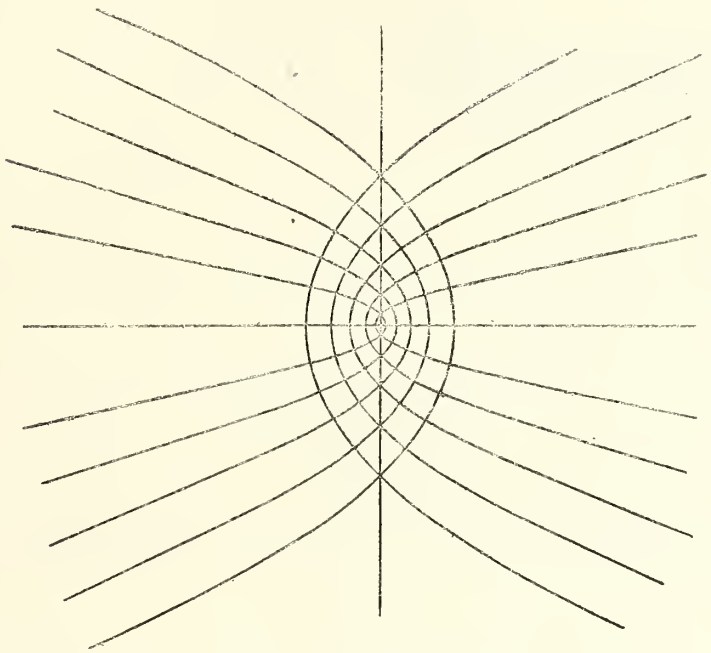


FIG. 10

expresión en la que R es símbolo de relación racional entre los elementos que figuran dentro del corchete, puesto que

$$cotg\left[p\theta + \Psi(\theta) \right] = \frac{cotg\ p\theta\ .\ R\left[sen\ 4p\theta\ ,\ cos\ 4p\theta \right] - 1}{cotg\ p\theta + R\left[sen\ 4p\theta\ ,\ cos\ 4p\theta \right]}$$

y como $sen\ 4p\ \theta$, $cos\ 4p\theta$ se pueden expresar racionalmente en función de $cotg\ p\theta$, en definitiva, la integral a calcular será la de una función racional de $cotg\ p\ \theta$ que, según sabemos, se resuelve por medio de las tascendentes elementales.

Asi podrá resolverse el caso en que

$$cotg\left[p\theta + \Psi(\theta) \right] = cotg^{2m+1}\theta\ .$$

Por ejemplo, si m = 1, se tendrá

$$\int cotg\left[p\,\theta + \Psi(\theta)\right] d\theta = \int cotg^3 p\,\theta\, d\theta = -\frac{1}{p}\left[\frac{cotg^2 p\,\theta}{2} + l\,.\,sen\,p\,\theta\right]$$

y, por lo tanto $\rho = \dfrac{C\,e^{-\frac{cotg^2 p\,\theta}{2p}}}{sen\,p\,\theta}$

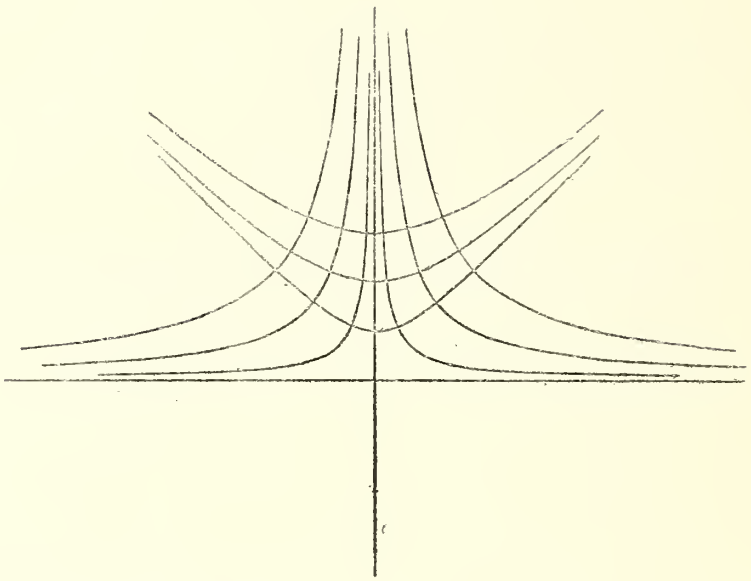


Fig. 11

8. Referente a la construcción del radio de curvatura de una trayectoria, conocido que sea el radio de curvatura de una curva *C*, siempre que la Ψ sea unicamente función de θ , puede establecerse un teorema análogo al que obtuvimos al estudiar las trayectorias por traslación. En efecto, si designamos por *r* el radio de curvatura, en coordenadas polares se tiene

$$r = \frac{\left[\rho^2 + \left(\frac{dy}{d\theta}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\rho^2 + 2\left(\frac{dy}{d\theta}\right)^2 - \rho\frac{d^2\rho}{d\theta^2}}$$

Ahora bien, en este caso

$$\frac{d\,\rho}{d\,\theta} = \rho\, cotg\left[\, p\,\theta + \Psi\,(\theta)\,\right],$$

de donde

$$\frac{d^{\,2}\rho}{d\,\theta^{\,2}} = \rho\,\frac{cos^{\,2}\left[\, p\,\theta + \Psi\,(\theta)\,\right] - \left(p + \Psi'(\theta)\right)}{sen^{\,2}\left[\, p\,\theta + \Psi\,(\theta)\,\right]}$$

con lo cual

$$r = \frac{p}{\left[\, 1 + p + \Psi'\,(\theta)\,\right] sen\left[\, p\,\theta + \Psi\,(\theta)\,\right]} \qquad (12)$$

Recordemos ahora que pasamos del sistema de curvas C al sistema C_1 incrementando θ en α ; que $\Psi(\theta)$ y, por lo tanto, $\Psi'(\theta)$ son periódicas con período igual a α, y que, además

$$p\,\alpha = \frac{2\,n + 1}{2}\,\pi$$

con lo cual.

$$sen\left[\, p\,(\,\theta + \alpha\,) + \Psi\,(\,\theta + \alpha\,)\,\right] = cos\left[\, p\,\theta + \Psi\,(\,\theta\,)\,\right].$$

Así pues, si designamos por r_1 el radio de curvatura de una curva C_1 en un punto de coordenadas θ,ρ se tendrá

$$r_1 = \frac{p}{\left[\, 1 + p + \Psi'\,(\,\theta\,)\,\right] cos\left[\, p\,\theta + \Psi\,(\,\theta\,)\,\right]} \qquad (13)$$

y entre (12) y (13)

$$\frac{r_1}{r} = tg\left[\, p\,\theta + \Psi\,(\,\theta\,)\,\right] = tg\ \gamma \quad .$$

La interpretación geométrica de esta ecuación nos conduce al siguiente teorema:

La recta que une los centros de curvatura de dos curvas C y C_1 correspondientes a su punto de intersección, es normal al radio vector.

De aqui se deduce la siguiente construcción:

Si c es el centro de curvatura en un punto m de una curva C cuando Ψ *solo depende de* θ *, tracemos desde c una normal al radio vector* ρ *de dicho punto m hasta que corte a la tangente en m a la curva C; el punto de intersección* c_1 *será el centro de curvatura de la trayectoria ortogonal* C_1.

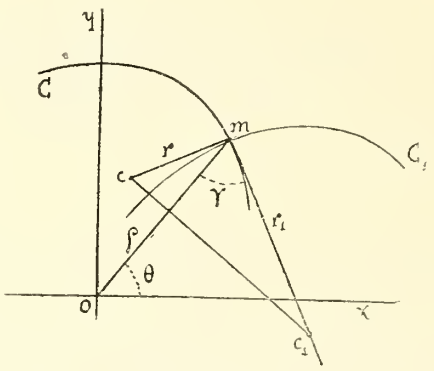


FIG. 12

PRESENTED
E MAR. 1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 24

BRITISH MUSEUM NATURAL

CORRECCIÓN DE LOS TERRENOS LABORABLES

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

EXCMO. SR. D. GUILLERMO DE BOLADERES

Publicada en diciembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 24

BRITISH MUSEUM

CORRECCIÓN DE LOS TERRENOS LABORABLES

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

EXCMO. SR. D. GUILLERMO DE BOLADERES

Publicada en diciembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

CORRECCIÓN DE LOS TERRENOS LABORABLES

por el académico numerario

Excmo. Sr. D. Guillermo de Boladeres

Sesión del día 29 de mayo de 1917

Siempre ha sido un problema de capital importancia el intensificar la producción de la tierra, pero nunca ha sido de tan palpitante interés y de tan suprema necesidad para los pueblos, como en las actuales circunstancias en que, la brutalidad de los hechos, ha venido a probar de manera inconcusa, la urgencia de aumentar la producción y que sea ésta tan diversificada, que ella por sí sola, baste para satisfacer las necesidades de cada nación de por sí.

Las buenas labores, la selección de semillas, y la introducción de nuevas variedades y nuevos cultivos es indudable que conducen a este fin, pero no es eso sólo lo bastante para lograr el objeto apetecido, desde el momento que debe tenerse en cuenta la base primordial de todo sistema de esplotación agraria como es la tierra.

Los terrenos laborables, aun los más fértiles y de más perfecta concordancia entre los elementos que lo constituyen, presentan características especiales que precisa tener en cuenta para llegar a obtener el máximum de la producción a que todo agricultor debe aspirar.

A modificar esas condiciones valiéndose de los medios que están al alcance del hombre en el orden que limita la Economía rural, es a lo que se tiende por medio de la llamada Corrección de los terrenos laborables y que, si en tiempos primitivos quedó constreñida a una orbita muy reducida, los adelantos modernos, el progreso de las ciencias biológicas, le han abierto el amplio horizonte que representa la esplicación racional de una serie de fenómenos que antes permanecía en el más profundo misterio.

A tal punto se ha dilatado el campo y el radio de acción del hombre en lo que toca a corrección de las tierras, que hace preciso para tratar de ello, el subdividir en tres grandes grupos la índole de esas correcciones; puede haberlas en el orden físico y limitadas esclusivamente a la modificación de las condiciones físicas y mecánicas de los terrenos; en el orden químico por lo que respecta a la composición, estructura e índole de los elementos que los integran y en el orden fisiológico por lo que toca a esa actividad, hasta hace pocos años desconocida, de la flora y fauna subterránea y de la que tanto se vé queda por conocer, a medida que el estudio y la esperimentación de eminentes bacteriólogos aportan nuevos descubrimientos.

Correcciones físicas

En dos grandes secciones pueden agruparse los terrenos laborables, según predomine uno de los elementos, arcilla o sílice, puesto que si bien la cal es de tercer elemento fundamental de la composición de las tierras labrantías al extremo que, las combinaciones que pueden formarse entre los tres elementos han sido base aceptada por muchos agrónomos para establecer una clasificación de las tierras, sin embargo, de que la dominante en un terreno sea la arcilla o la sílice, cambian fundamentalmente las condiciones de la tierra.

El predominio de la arcilla claro es que puede corregirse aportando sílice en cantidad suficente para que incorporada al terreno pierda éste el apelmazamiento peculiar de los terrenos arcillosos, pero eso que teóricamente es de una sencillez paradisíaca, al quererlo llevar a la práctica cuenta con dificultades económicas de tal monta que hacen la solución impracticable; el transformar un terreno arcilloso, duro, apelmazado e impermeable en otro de consistencia media, que absorba la humedad con regularidad, sin producir la sequía aquella costra resquebrajada tan característica de los terrenos de esta índole, requiere para atender a una vegetación aceptable la transformación de los primeros quince centímetros y eso, que tan sencillo parece, requiere el movimiento e incorporación de 12.000 toneladas de arena por hectárea.

Con esta cifra queda justificado nuestro aserto, y así resulta que sólo en condiciones especiales pueden realizarse esas correcciones; un ejemplo vivo de ello lo tenemos en el llano del Llobregat, en que esa operación se ha llevado a cabo con gran éxito por dos propietarios utilizando la facilidad de transporte de las arenas lavadas que existen en las dunas de la costa a partir de la desembocadura del Llobregat hasta las costas de Garraf.

En este caso, la proximidad de un mercado de escepcional importancia como el de Barcelona, que avalora tanto las tierras que le circundan, ha hecho posible, económicamente, la corrección; pueden ofrecerse, otros casos en que sea posible con relativo poco coste, o sea cuando el subsuelo del terreno permita hacer esa transformación por medio de labores profundas que lleven a la superficie los elementos silíceos que estaban inactivos en las capas internas.

La operación inversa es algo más realizable en la práctica, por la menor masa que ha de transportarse, pues la misma concordancia de elementos puede lograrse en un terreno silíceo con la sola integración de 400 toneladas por hectárea de arcilla.

Con todo y la posibilidad expresada, forzoso es reconocer que estos medios directos, ni están al alcance de todos los agricultores, ni bajo el punto de vista económico son aconsejables fuera de casos especialísimos como el que acabamos de citar.

Hay otros medios indirectos como son el colmateo, el entarquinamiento y el mismo drenage que pueden conducir al fin expresado, si bien muy lentamente, pero a coste muy reducido y en los casos y condiciones favorables para su aplicación.

La incorporación de abonos ligeramente descompuestos al terreno, puede constituir una corrección eficaz de los terrenos arcillosos, así como el encalado puede representar un procedimiento decisivo para dar compacidad a los excesivamente silíceos.

Hemos mencionado el encalado y a este particular hemos de hacer hincapié, porque precisamente es el procedimiento indicado para la corrección física de los terrenos en forma eficaz y económica, aun en casos que pudiera significar una contradicción, ya que parece a primera vista que la adición de cal a una tierra puede influir más en su composición química que en su contextura física, y sin embargo nada más cierto; en tesis general los terrenos arcillosos en demasía, están muy lejos de contener la cal en la proporción que reclama esa concordancia tan necesaria en la tierra labrantía; generalmente se les ve con una cantidad mínima de cal, y la ausencia de este elemento salta a la vista sin necesidad de minuciosos análisis, ya que hasta la vegetación espontánea que en ellos se observa es fiel delatora del caso; el trebol encarnado, la acedera, el junco, el brazo y hasta el castaño son plantas típicas de los terrenos carentes de cal; las manchas rojizas que se observan en cualquier zanja que se abra en el terreno, son delatoras de igual falta de cal, pues son debidas al carbonato de hierro que no se hubiera formado de existir aquélla.

La cal coagula la arcilla, y las tierras fuertes, debido al exceso de ésta, se transforman en permeables, menos húmedas y de más fácil acceso al aire, con lo que, al presentar menos resistencia a las labores, llegan a desmenuzarse, meteorizándose con más facilidad y perdiendo en su consecuencia la facilidad de formar en su superficie por desecación la costra característica que tanto les perjudica.

En cambio, en los eminentemente silícios, su actuación podría compararse a la del mortero, produciéndose en ellos un aumento de compacidad que los hace más aptos para retener la humedad, que antes de esta actuación era completamente imposible.

Correcciones químicas

Al ocuparnos del encalado de las tierras, y antes de pasar a detallar los distintos procedimientos y formas de su aplicación, una corrección del estado molecular de las tierras laborables, tiene una influencia decisiva por lo que a la constitución química se refiere y, por ello, al tratar de las modificaciones posibles en este orden, hemos de colocar el encalado en el primer lugar.

Bajo la acción de la cal, quedan libres muchos principios fertilizantes que

hasta su aplicación han estado retenidos e inmovilizados por combinaciones estables cuya unidad y persistencia ha roto la acción de aquélla; los silicatos dobles de potasa y alumina resultantes de la disgregación de los feldespatos son rápidamente descompuestos por la sustitución de la potasa por la cal en la combinación, quedando libre la potasa en forma asimilable para la nutrición de los vegetales; si con los compuestos de potasa obra de ese modo, no con menos intensidad actúa en lo que se refiere a las combinaciones del ácido fosfórico, ya que esa acción viene a realizarse dando lugar a la doble sustitución de los fosfatos de hierro y alumina perfectamente insolubles, dando origen a fosfatos de cal perfectamente solubles y por ende asimilables por las plantas.

Cuanto a la influencia de la cal en el enriquecimiento de la tierra en nitrógeno, no hay ningún género de duda, y de ello trataremos en lugar oportuno, puesto que en este lugar sólo hemos de dejar sentado como principio incontestable, dada la misión de la cal en el terreno, que su incorporación al mismo ha de ser siempre en forma de que actúe como base, es decir en forma de carbonato.

Por esa consideración muchos de los fracasos que se han atribuído al encalado de las tierras han estado motivados por la aplicación de compuestos de cal, ácidos o neutros que no pueden sustituir en su acción a la cal básica. Los superfosfatos de cal, el sulfato de cal, los fosfatos de cal procedentes de los huesos, siendo ácidos o neutros no reemplazan debidamente al carbonato de cal procedente de piedras calcáreas, creta y cal viva (óxido de cal) que rápidamente se carbonatan en contacto del aire.

Otro extremo que debe tenerse en cuenta, es que no hay nada absoluto en la naturaleza, y por lo tanto que no se vaya a creer que el encalado en sí, es la panacea para todos los terrenos laborables, por cuanto ya hemos dicho anteriormente que la acción bienhechora de la cal estriba en la movilización de los principios fertilizantes retenidos en la tierra por combinaciones estables y no asimilables, y claro está que esta movilización significa llevar a la circulación y a su aprovechamiento estos elementos que forzosamente hay que reponer a medida que se utilizan, so pena de agotarlos y condenar a esterilidad los terrenos sobre que se actua.

La incorporación de la cal en las tierras puede practicarse utilizando la cal viva, margas (carbonato de cal) las llamadas cenizas esperitosas que no son otra cosa que lignitos piritosos de formación terciaria, los *Faluns* mezcla de arena y conchas marinas, yeso (sulfato de cal), tanga o sargazo, conocido vulgarmente por abono de mar.

El procedimiento más antiguo es la aplicación de la cal viva, y ésta puede incorporarse al terreno en tres formas distintas, es decir, tomando la cal en estado pulverulento y esparciéndola sobre el terreno en una ligera capa lo más uniformemente posible, o formando montones espaciados sobre el terreno cubriéndoles ligeramente de tierra, o constituyendo un montón general por cada parcela del que se van extrayendo las cantidades necesarias para hacer el reparto.

El primero de ellos puede ser el más económico porque se abrevia algo en la mano de obra, pero son preferibles y más eficaces los otros dos porque se tiene la seguridad de que la mezcla es más íntima y que la cal está perfecta y totalmente carbonatada, que es la forma *sine qua non* debe aplicarse al terreno.

En el segundo caso, al distribuir los montones por la parcela y cubrirlos de tierra, puede utilizarse la cal viva que en contacto del aire se va carbonatando y, como está cubierta por la tierra, al resquebrajarse el montón por el aumento de volumen de la cal que se ha cubierto, cae la tierra por las hendiduras facilitando su mezcla; al tercer procedimiento requiere más gasto en la mano de obra, pero es más perfecto puesto que lo que se incorpora al terreno es una mezcla homogénea ya que su preparación ha sido formando lo que se llama un *tas* en francés o sea un paralepípedo con la superposición de capas de espesor análogo de cal, mantillo o estiércol de cuadra y tierra; de esta forma una vez carbonatada la cal y cortando verticalmente el montón para hacer el reparto, se tiene la seguridad de que se esparce una mezcla perfecta y uniforme para toda la parcela.

Este procedimiento, sancionado por la experiencia, es el usado ordinariamente en Bélgica.

En orden de importancia, por la facilidad de su aplicación, siguen los margas que son compuestos de carbonato de cal y arcilla más o menos arenosa y que se encuentra generalmente en los bordes de las mesetas de los terrenos de aluvión; su riqueza en carbonato de cal, que es el elemento aprovechable de ellas, varía de un 20 a un 80 por 100; las que están en este último caso no son utilizables bajo ese punto de vista porque el endurecimiento que presentan los nódulos de carbonato de cal, las hace de difícil disgregación en contacto del aire, y por tanto, los resultados que ofrecen no rinden el efecto útil que es de desear; una riqueza de 40 a 60 por 100 es la verdaderamente práctica siendo su aplicación análoga al primer caso de las detalladas para el óxido de cal, pues no hay que temer acción nociva de su inmediata incorporación al terreno.

Encarece esta operación el transporte de la marga desde sus yacimientos y, antes de decidirse a su adquisición, es conveniente cerciorarse de si se podría encontrar en la parte más superficial del subsuelo de las parcelas que desean mejorarse; la presencia de espinas, cardos, salvia y trebol amarillo entre otras, es la flora espontánea que delata la presencia de la marga a poca profundidad.

Suponiendo un espesor de capa activa del suelo arable, y una riqueza del 50 por 100 de carbonato de cal, pueden considerarse como bastante para un buen margado la incorparación de 127 metros cúbicos de marga por hectárea.

Las cenizas piritosas conocidas también por cenizas negras o cenizas rojas, según las localidades, se encuentra a mayor o menor profundidad, siendo en realidad lignitos que se hallan recubiertos de una ligera capa de arcilla mezclada con conchas fósiles y una greda arenosa; tanto éstas como los faluns que son compuestos de conchas marinas y fucus en cierto estado de descomposición, así como la

tanga o sargazo, son materias poco frecuentes y propios de determinadas localidades y, por no ser de fácil aplicación, hace que no nos detengamos en ellos a pesar de constituir en algunos casos una mejora caliza de reconocida utilidad por su economía y acción estimulante.

El yeso es también una corrección de los terrenos laborables que puede incluirse entre las calcáreas, si bien su aplicación está subordinada a casos especiales, o mejor dicho, a cultivos determinados como son las leguminosas, y aun en estos deben hacerse salvedades, porque si bien su aplicación en algunos casos puede dar resultados brillantes como en las alubias, guisantes y habas, debe restringirse su empleo porque, destinadas esas legumbres a la alimentación del hombre, se observa en las que hay un exceso de sulfato de cal en el terreno que se dificulta su cochura.

Hasta aquí hemos puesto de manifiesto cómo pueden considerarse correcciones químicas de los terrenos laborables a la incorporación de la cal por su acción decisiva en la movilización de elementos fertilizantes que estaban inactivos en el suelo, pero como quiera que estos elementos existen en cantidades definidas, y la nutrición de las plantas cultivadas es una constante sustracción de los mismos, de no reponerse dichos elementos el déficit o agotamiento que en breve tiempo se produciría convertiría en estériles los terrenos mejor dotados de la naturaleza; y de aquí la necesidad de la restitución, que se practica por medio de los abonos.

El más antiguo en su empleo, y el que ha dado resultados más concluyentes desde la más remota antigüedad, ha sido el estiércol de cuadra en toda la gama que ofrecen las distintas clases de ganado que se crían, viven, y utiliza el agricultor.

Ha sido el abono por excelencia utilizado en la antigüedad, y aunque reconocida la escala gradual de elementos fertilizantes que los distingue, hay que convenir que en el se encuentran, formando un armónico conjunto, todas las sustancias que suministran los materiales necesarios para la nutrición de la planta; sin embargo hay que hacer salvedades respecto al particular puesto que los abonos producidos por los animales de toda esplotación agrícola, no pueden devolver íntegramente todos los elementos que integran los productos que constituyen su alimentación, ya que en la producción de carne, leche, trabajo y demás rendimientos que su utilización lleva consigo, han de sustraerse del abono que producen: esta consideración unida a la variable cuantía de los elementos que levantan del terreno las distintas plantas cultivadas, crearon la necesidad de un complemento para que fuera cierta esa restitución, y esa necesidad vióse satisfecha con la aplicación de los abonos minerales.

Hubo una época, en los albores de la propaganda de los abonos químicos, que, con los exclusivismos propios de toda cosa nueva, quiso restarse valor al estiercol de cuadra, y se consideró resuelto el problema de la nutrición vegetal por medio de los abonos minerales, creyendo que podrían restituir íntegramente los elementos levantados del suelo.

La realidad, con toda la fuerza de los hechos, vuelve toda exageración a su cauce verdadero, y de esa ley no pudo sustraerse la teoría de los abonos minerales, contribuyendo al fracaso, la carestía en sus comienzos de ciertos elementos por un lado, el desconocimiento de las condiciones de nutrición de las plantas en otras y por la ignorancia de la *ley del mínimum* reguladora del sistema general de nutrición de los vegetales.

Contribuyó, y aun contribuye a su descrédito, el que a su aplicación no ha precedido un estudio de las condiciones físicas del terreno con objeto de corregir todos aquellos defectos que le hacen impropio para que surtan los abonos minerales todo su efecto útil.

Háse olvidado que una buena aplicación de los abonos químicos, aconseja en primer término, limpiar el terreno de todas las plantas perjudiciales, pues, de no hacerlo así, siendo éstas las mejor adaptadas a las condiciones naturales del suelo y clima, lo que se hace es fomentar su desarrollo y fuerza vegetativa proporcionándoles una superabundancia de elementos nutritivos.

Correcciones fisiológicas

Hasta este punto, debe reconocerse que los adelantos modernos, si bien han fijado con más certeza y exactitud las condiciones en que debían desenvolverse las correcciones de los terrenos, no han cambiado totalmente la concepción de los hechos ni han hecho entrever modificaciones esenciales en los procedimientos culturales del porvenir. Pero el flujo y reflujo de ideas y el caudal de conocimientos que han aportado los descubrimientos de bacteriólogos tan eminentes como Russel, Raciborsky, Masé, Hutchinson, Jensen y mil otros, obligan a que se transformen muchos de los puntos de vista consagrados de antiguo y se encaucen las corrientes modernas por otros derroteros completamente distintos de los seguidos hasta aquí, encontrándose explicación perfectamente racional de muchos hechos comprobados esperimentalmente y que hasta hoy se razonaban con mejor voluntad que acierto.

A las teorías de restitución de los elementos esenciales para las plantas como el Nitrógeno, Acido fosfórico y Potasa, considerando la tierra labrantia como un depósito inerte que sólo tenía reservada la misión de receptáculo, donde se desarrollaban las reacciones que pudieran provocar los agentes atmosféricos, o las que se desprendieran de estar en contacto determinados compuestos, ha venido a demostrar en forma indudable el papel importantísimo que desempeñan en las funciones de la nutrición de los vegetales una serie de microorganismos cuya misión fundamental es la fijación del nitrógeno atmosférico, y el enriquecimiento del suelo de principios nutritivos derivados de su normal funcionamiento.

Insiguiendo en sus investigaciones la bacteriología, después de comprobar

y demostrar la existencia de esa serie de microorganismos como el *Azotobacteria, Clostridium pasteuriana, Rhizobium, Nitraginas,* &, &, así como las funciones esenciales que desempeñan para fertilizar las tierras, han hecho más aun, y han descubierto sucesivamente otra fauna microscópica también que tiene la tendencia de aminorar y hasta en algunos momentos neutralizar la acción bienhechora de los primeros.

De las notables experiencias llevadas a cabo por Hutchinson se ha comprobado que la esterilidad, o mejor dicho la disminución de la productividad en muchas tierras, era debida al predominio de una serie de protozoarios sobre las bacterias útiles, comprobación efectiva que se ha logrado fomentando la destrucción de estos últimos por medio de esterilizaciones, utilizando el calor o la aplicación de determinados antisépticos a los cuales resultan inmunes las bacterias útiles.

Estos descubrimientos han traído aparejado el reverdecimiento de añejas teorías sobre la incompatibilidad de ciertas plantas, y así como en tiempo de Humbolt se sostenía la imposibilidad de sucederse unos cultivos a otros, fijándose solamente en los hechos que la práctica comprobaba, pero que la ciencia no podía explicar de una manera satisfactoria, hoy ya resulta perfectamente admisible la intoxicación de las tierras como consecuencia de las toxinas producidas por las raíces de determinadas plantas y de la procreación de determinados microorganismos, a que dan origen los residuos de ciertas plantas cultivadas que quedan sobre el terreno.

Comprueba este concepto que, las plantas cultivadas en terrenos perfectamente nuevos para este cultivo, crecen y se desarrollan con un vigor y lozanía perfecta y muy distinto al de la misma planta cultivada en un terreno nuevo también, y al que se le hayan incorporado estractos de otra tierra en que dicho cultivo haya sido esplotado varias veces.

La importancia colosal de este descubrimiento radica en las consecuencias que de él se derivan, pues si bien consideramos que por estar en el período de exageración, no puede admitirse en absoluto la conclusión que establecen algunos agrónomos eminentes de que en las tierras siempre existen bastantes elementos fertilizantes, y sólo debe preocuparse el agricultor de destruir e inutilizar las substancias y organismos perjudiciales que en ellas se acumulan a través y como consecuencia de los cultivos, no puede menos de reconocerse que la nueva orientación abre un horizonte inmenso para la transformación de muchas prácticas culturales hoy en predicamento, y especialmente en la aplicación de los abonos considerados como correcciones químicas, del terreno, puesto que con las nuevas teorías deberá atenderse a las condiciones que deben reunir los elementos que se incorporen al terreno para facilitar el desarrollo de los microorganismos útiles y destrucción de toda la flora y fauna subterránea que conspira contra el normal funcionamiento de las bacterias útiles.

La importancia de estos descubrimientos, viene avalorada por otros no menos importantes y que contribuyen más aun a la transformación de las viejas teorías

sobre corrección de los terrenos laborables; de antiguo venía conceptuándose que, entre todos los componentes que el análisis descubría en el suelo arable, los elementos fertilizantes indispensables eran el potasio, sodio, calcio, ácido fosfórico, &, &, y si bien se encontraban sustancias raras y en pequeñísimas cantidades como cerio, boro, zinc, hierro manganeso, &, no tenían importancia de ninguna clase, su papel en la vida de las plantas era completamente pasivo y se justificaba su presencia en las tierras como materiales de acarreo, inertes y sin influencia de ninguna especie.

Pues bien, después de análisis minuciosos respecto la constitución íntima de las diastasas, se ha comprobado que en aquellos elementos minerales que se suponía presentes per accidents, y cuyo papel tan sin importancia y pasiva se consideraba, desempeñan un papel importantísimo junto con los coloides en la elaboración de las funciones más esenciales de la vida vegetal y claro está, que comprobada esta acción, se ha venido a la mano el estimar que su aplicación podía ser de gran utilidad para aumentar la fertilidad de las tierras.

Prodigadas las experiencias, hanse hecho repetidos análisis de cenizas de vegetales, y al encontrarse en ellos los elementos ordinarios de potasa, sosa, cal, magnesia, ácido fosfórico, &, &, se han hallado vestigios de otros elementos constituídos por óxidos de manganeso, yodo, bromo, flour, cerio; bario; litio; estroncio, &; elementos que es indudable no forman parte constituyente de la planta, pues ella subsiste sin todos ellos y con gran variedad de los mismos según los terrenos, pero que su presencia es indudable y únicamente justificada por la simple fuerza osmótica.

De modo que el aspecto interesante de estas sustancias es que ellas no se suman a las transformaciones que presiden, no se involucran en las combinaciones en que intervienen, resultando que a pesar de su acción quedan regeneradas constituyendo un círculo continuo de actividad para poder reproducir indefinidamente esas reacciones a pesar de figurar en la tierra en cantidades infinitesimales.

La estimación de su manera peculiar de actuar, como si dijéramos por presencia, ha hecho que se les diera el rango de elementos catalíticos y con ello, la industria siempre avizora de los nuevos descubrimientos de la ciencia, ya los ha lanzado al mercado bajo el nombre de abonos catalíticos.

A este propósito, se ha tenido en cuenta que las diastasas oxidantes que encierran mucho manganeso, tienen una acción fisiológica importantísima en la formación de los principios inmediatos de la célula vegetal, de donde se infiere de manera categórica que el manganeso interviene directamente en los fenómenos de la vida de las plantas; esto que la teoría establecía, se ha comprobado prácticamente; aplicando el sulfato de manganeso en la proporción de 25 kilogramos en 50 áreas que fueron las sujetas a experimentación, se obtuvo un mayor rendimiento de 22'50 por 100 de avena que en igual superficie que se tenía como testigo.

A partir de estas experiencias se han prodigado en distintos cultivos y se

ha llegado a conclusiones notabilísimas en horticultura y para plantas como la zanahoria, lechuga, apio y acedera; Stoklasa en el Japón ha ensayado diversas sales de manganeso, cloruro y nitratos a más del sulfato y ha obtenido resultados sorprendentes en distintos cereales, especialmente en trigo y centeno.

Lógicamente ha querido entrarse en más detalles acerca la actuación de las sales de manganeso, ora en la vida vegetal, ora en sus funciones catalíticas en la tirra; pero llegado a este punto los más sabios agrónomos difieren en sus esplicaciones aunque entre todas ellas haya el nexo del hecho observado; mientras Masoni considera su eficacia debida a los ácidos o sales que lleva consigo, Stoklasa le atribuye un papel importante en la síntesis protoquímica, y Miege opina que su actuación estriba en neutralizar las toxinas del terreno. Algo diferente de lo que razona Hutchinson considerando que interviene como estimulante y favoreciendo una asimilación más acabada de los elementos nutritivos del suelo.

De igual manera pondríamos de manifiesto los resultados obtenidos bajo este punto de vista y con la misma finalidad con sales de boro, estroncio, rubidio, cerio, etc., pero no lo hacemos para no alargar desmesuradamente este trabajo, máxime cuando de las esperiencias efectuadas con todas ellas no puede deducirse otra consecuencia que la corroboración de los hechos con las de manganeso.

Reconocida la importancia de estos elementos por su importante función catalítica, así como la exactitud de la existencia en el suelo de una fauna microbiana eminentemente perjudicial para el desarrollo de las bacterias útiles, se han estremado las investigaciones para ver de lograr, en aras de la simplicidad de los procedimientos, el hallazgo de una substancia que reuniera en sí la misma acción catalítica, y a la par que estimulara e iniciara esas reacciones necesarias para el funcionalismo de los vegetales, fuera tóxica para los microorganismos perjudiciales, lográndose con ella purificar el suelo de las bacterias impropias para la vegetación.

Varias substancias han sido objeto de estas investigaciones, y entre las que más concienzudamente han sido estudiadas están el azufre y el arsénico.

Por lo que toca al primero, se han fundado gratísimas esperanzas porque a más de obrar por catalisis es un perfecto antiséptico y, en cierto modo, reune cualidades nutritivas.

El azufre no obra sobre los elementos nitrosos, pero en pequeñas dosis favorece el desarrollo y funciones de los elementos nítricos; favorece la transformación en amoníaco, de las materias nitrogenadas del suelo por sus fermentos propios, tanto es así, que en una tierra sometida a la acción del azufre, al cabo de diez días, puede comprobarse la existencia de un 50 por 100 más de amoníaco que en la parcela, testigo, mientras se encuentra disminuída, aunque en pequeña proporción, la cantidad de nitratos, debido sin duda a la acción anesterica que posee el amoníaco con que se ha enriquecido, sobre los fermentos nítricos. Esto que pudiera parecer a primera vista un motivo de temor respecto al dosage total

del nitrógeno en el suelo, no tiene importancia puesto que la acción del azufre se ha demostrado que no influye sobre el funcionamiento de las bacterias fijadoras del nitrógeno libre, toda vez que éstas, a pesar de estar sometidas a su influjo, continuan laborando con toda su actividad.

La actuación del azufre tiene una esplicación racional, y el mecanismo de la misma no puede tener esplicación más sencilla; el terreno en presencia del azufre se enriquece en sales amoniacales perfectamente asimilables, y la planta, ante la nueva fuente de alimentación nitrogenada, aumenta su porte y su rendimiento.

Esta conclusión por sí sola movería a los panegiristas de toda idea o procedimiento a sacar conclusiones definitivas que incluso podrían llegar a considerar la aplicación del azufre como la panacea que viniera a substituir los abonos nitrogenados, pero hay que poner freno a esos entusiasmos prematuros, a pesar de dar toda la importancia debida a los hechos demostrados; es evidente la acción benéfica del azufre, pero también hay que reglamentarla para que no exceda de ciertos límites, porque si su aplicación se realiza sin previo estudio, la misma feliz acción que se le reconoce puede ser originaria de fracasos muy dolorosos; si se extrema la aplicación del azufre a tierras muy ricas en materias nitrogenadas, la surproducción que se origina de amoníaco y sales amoniacales, en lugar de acrecer la producción podría menguarla; en cambio, la aplicación del azufre en terrenos pobres en nitrógeno puede dar buenos resultados en sus primeros tratamientos porque movilizará todas las existencias que en el terreno existan, pero, una vez puestas en circulación, si no se restituyen los elementos orgánicos que se han puesto en actividad, el agotamiento de la tierra es seguro y entonces el desencanto sería muy doloroso.

Es por tanto indudable la acción del azufre y, sin poner en duda su acción catalítica, que experiencias sucesivas han de probar más cumplidamente, queda fuera de toda vacilación que su influencia es debida a su poder modificante de la fauna microbiana de la tierra, poniendo en actividad los microorganismos adecuados para la producción del amoníaco.

Igualmente que con el azufre se han multiplicado las observaciones por lo que respecta a la influencia estimulante del arsénico en los organismos fijadores del nitrógeno en la tierra, siendo las últimamente practicadas por el ilustre Greaves Director de la Estación de Agricultura Esperimental de los EE. UU. de América. Para no diluir ni restar importancia a sus conclusiones, trascribimos las de su informe. Dice así el sabio bacteriólogo:

"Se ha comprobado que aplicado a la tierra, el arsénico estimula a sus organismos nitrificantes. Este efecto varía mucho con la forma, cantidad y método adoptado. Para que se manifieste el efecto tóxico del arsénico es preciso aplicarlo en grandes cantidades. Su acción tóxica se acentúa cuando la cantidad de arsénico aplicado excede en mucho a la dosis hallada en las tierras en que más abunda."

"Era interesante determinar su influencia y acción sobre los microorganismos fijadores del nitrógeno en el suelo, pues si bien el arsénico no impide la acción de los microbios nitrificantes basta que llegara a detener o retardar materialmente la de los organismos fijadores del nitrógeno para que podamos dejar sentado que el arsénico no es inofensivo a la flora de los terrenos."

"Las experiencias practicadas han sido realizadas con soluciones de distintas sales de arsénico, a fin de establecer la verdadera gradación de su influencia; las sales esperimentadas han sido el arseniato sódico, arseniato de plomo, oceto arseniato de cobre, trisulfuro de arsénico y arseniato de zinc."

"Cuando el arsénico se aplica al suelo en forma de arseniato de plomo, sódico, trisulfuro de arsénico y arsenito de zinc, estimula la potencia fijadora de nitrógeno del suelo. Esta cualidad estimulante es máxima con el arseniato de plomo y mínima con el arsenito de zinc. El verde de París (aceto arsenito de cobre) no es estimulante en ninguna de las diversas concentraciones esperimentadas, habiéndose observado solamente que esta solución se hace muy tóxica cuando se estrema la concentración, debido sin duda alguna al cobre y no al arsénico que contiene."

"El arseniato sódico sólo se hizo tóxico acumulando desmesuradamente la concentración, y sólo entonces fué cuando quedó detenido en absoluto el trabajo de los organismos fijadores del nitrógeno. El arseniato de plomo, trisulfuro de arsénico y arsenito de zinc, no resultaron nada más que ligeramente tóxicos al extremar su concentración.

"La acción estimulante, claramente definida que se ha podido comprobar, se produce al añadir una solución arsenical a una tierra; no es atribuíble a condición ninguna especial a tierra determinada, por cuanto se ha visto en todas las esperiencias realizadas tomando como sujeto a diversas tierras de muy distintas propiedades físicas y químicas, que el aumento de su potencialidad fijadora de nitrógeno, aumentaba considerablemente al aplicarse el arsénico."

"El rendimiento máximo de su acción estimulante corresponde a la concentración de un 10 por 1000 en la cantidad de arsénico contenido en el agua del suelo. Esta concentración escede en un doble casi a la que se encuentra en la mayoría de las tierras, lo cual da a entender que lo probable es que introducir la aplicación racional del arsénico en las prácticas agrícolas estimulará efectivamente la actividad bacterial del suelo."

"Sólo fué analizado un tipo de azotobacter estimulado por el arsénico y, en este caso, la estimulación fué debida al organismo que utilizaba más económicamente su manantial de carbono en presencia del arsénico, que en ausencia del mismo. La mayor parte de la estimulación observada en la tierra tratada con soluciones arsenicales con su flora mezclada, se debe indudablemente a que el arsénico detiene la actividad de los protozoarios perjudiciales."

"El arsénico estimula a los fermentos de la celulosa y éstos a su vez reaccionan sobre la actividad de los microorganismos fijadores del nitrógeno."

"Los datos obtenidos demuestran definitivamente que los compuestos arse-

nicales, con la única excepción del verde de París (aceto arsenito cúprico), estimulan a los organismos fijadores del nitrógeno del suelo y que su influencia varía cualitativamente pero no cuantitativamente con los suelos de diferentes propiedades físicas y químicas."

A más de estas experiencias, se han hecho otras, utilizando el ácido sulfúrico, sulfuroso y sulfuro de carbono y los resultados que han dado cada uno de ellos han sido en estremo variables, por lo que, queda todavía en pie el dilucidar los casos especiales en que se han de aplicar unos y otros, determinación que sólo la reiteración de esperiencias podrá puntualizar, pero no pueden significar modificación alguna en el concepto general demostrado, de la influencia decisiva de estas sustancias en la corrección de las condiciones de fertilidad de las tierras.

De todo cuanto llevamos espuesto se desprenden una seria de conclusiones respecto a la corrección de los terrenos laborables que pueden concretarse en la forma siguiente:

Conclusiones

1.ª La corrección de las propiedades físicas de los terrenos, están limitadas solamente en el orden económico y, de todas ellas, la más practicable y de mayores rendimientos es la corrección calcárea.

2.ª Queda probada la intoxicación de las tierras por las toxinas segregadas de las plantas y organismos perjudiciales producidos por los residuos de las cosechas de vegetales de la misma familia.

3.ª Existe una flora y fauna subterránea que influye directamente sobre la fertilidad de las tierras, contrariando el desarrollo y funcionamiento de los microorganismos útiles.

4.ª La desinfección de las tierras por subsatncias antisépticas, sulfuro de carbono, tolueno, &, es un medio de restaurar la fertilidad agotada de las tierras.

5.ª Como consecuencia de la conclusión segunda, se deriva la lógica de la alternativa de cultivos, no debiéndose suceder en el terreno dos cosechas iguales so pena de procurar su preliminar desinfección.

6.ª Las dosis anormales exageradas de abonos que se aplican en las esplotaciones agrícolas. quedan razonadas por la necesidad de neutralizar los efectos de las toxinas existentes: su destrucción significará a la par que aumento en el rendimiento de las cosechas, gran economía en la fertilización de las tierras.

7.ª Las toxinas existentes en las tierras son oxidables, y parte de ellas por filtración van acumulándose en el subsuelo; su destrucción tanto de las superficiales como de las profundas, se logrará con la reiteración de labores que las pongan en contacto con el aire.

8.ª Esta oxidación se obtiene gracias al ozono producido por la electro-

cultura y es lo que esplica racionamente el aumento de rendimiento de las cosechas obtenidas en las tierras sujetas a este procedimiento.

9.ª La aplicación en cantidades mínimas de sales de manganeso, azufre arsénico, &, en las tierras de riqueza media en materias nitrógenadas, estimulan la actividad de la flora microbiana útil de la tierra, destruyen los organismos perjudiciales y, por acción catalítica, provocan una serie de reacciones que aumentan el caudal de elementos nutritivos asimilables por las plantas.

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 25

LAS LÁMPARAS ELÉCTRICAS NOS HAN DADO DATOS PRECIOSOS PARA CONOCER LAS PROPIEDADES DE LOS CUERPOS A MUY ELEVADAS TEMPERATURAS. SUS APLICACIONES SON NUMEROSAS.

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. GUILLERMO J. DE GUILLÉN GARCÍA

Publicada en diciembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 25

BRITISH M

LAS LÁMPARAS ELÉCTRICAS NOS HAN DADO DATOS PRECIOSOS PARA CONOCER LAS PROPIEDADES DE LOS CUERPOS A MUY ELEVADAS TEMPERATURAS. SUS APLICACIONES SON NUMEROSAS.

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. GUILLERMO J. DE GUILLÉN GARCÍA

Publicada en diciembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

LAS LAMPARAS ELECTRICAS NOS HAN DADO DATOS PRECIOSOS PARA CONOCER LAS PROPIEDADES DE LOS CUERPOS A MUY ELEVADAS TEMPERATURAS. SUS APLICACIONES SON NUMEROSAS.

por el académico numerario

D. Guillermo J. de Guillén García

Sesión del día 25 de junio de 1917

Para muchos, las lámparas eléctricas sólo sirven para darnos una luz potente y clara, pero para los que hemos seguido paso a paso sus perfeccionamientos nos han enseñado nuevas propiedades de los cuerpos que ignorábamos, y además, un sin número de nuevas aplicaciones que son utilísimas. Sobre esto me propongo ocuparme en esta sesión para cumplir con mi trabajo de turno de esta Real Academia.

Principiaré definiendo lo que es una lámpara eléctrica. Esta es un transformador de energía, y expresándome con más claridad diré, que es un aparato con el cual, por medio de una resistencia se transforma la electricidad en calor y luz, y por lo tanto, cuanta más luz nos da la lámpara, se obtiene menos calor y al contrario cuanto más calor se obtenga, menos luz producirá. Esto a primera vista parece de poca importancia, la tiene mucha en sus variadas aplicaciones como luego veremos.

Antes de ocuparme de todo esto, me detendré en reseñar el nuevo procedimiento para medir con bastante exactitud la temperatura del filamento de una lámpara, el cual nos ha demostrado prácticamente que no sirve para este caso y para otros la ley de Stefan.

La operación de medir la temperatura de un filamento metálico incandescente es muy difícil, porque es muy pequeñísimo su volumen; al aplicarle un aparato de medida, siendo éste de muchísimo mayor volumen; enfría con su contacto al filamento, y el resultado obtenido es bastante menor que el verdadero.

Generalmente se evalúa mal la temperatura de un filamento con la fórmula de Stefan, es decir, por el calor total que emite por unidad de superficie, sabiendo que un cuerpo irradia tanta más energía cuanto mayor es su temperatura. Para obtener esta medición con la ley de Stefan (1), se acepta que la irradiación total es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta. De manera,

(1) Juan Perrin. Les atomes, pág. 210. Se ha comprobado desde la temperatura del aire líquido hasta la de la fusion del hierro.

que un cuerpo calentado a 2,200° absolutos y otro a 1,100°, estando el primero a doble temperatura irradiará $2^4=16$ veces la energía del segundo.

Si bien con la ley de Stefan cuya fórmula es $E = \alpha\, t^4$ podemos calcular el calor de un filamento a altas temperaturas con la misma exactitud que empleando un termómetro de mercurio para temperaturas no muy elevadas, presenta el inconveniente de que es una fórmula teórica que se aplica exactamente a un cuerpo negro ideal, pero sólo es aproximado para los cuerpos reales dotados de una emisión *selectiva,* es decir, como dice Mr. Desmitrets, teniendo en cierta manera un calor propio en las diversas temperaturas. En vista de esto con la citada ley no se puede medir la temperatura exacta de los cuerpos reales.

Los señores O. Lummer y Kurlbaun (1) emplean un procedimiento más exacto para los filamentos de platino. "Se coge una caja de platino que calentándola se la pone incandescente y en este estado se toma la temperatura de la pared exterior de esta caja por medio de un par *Le Chatelier* que inmerge en dicha caja metálica. Al exterior de ésta y frente a una de sus caras incandescentes, se coloca el filamento metálico objeto de la medición térmica. Si miramos a esta disposición veremos que el filamento parece proyectarse como una sombra sobre la caja metálica incandescente, pero si hacemos pasar por el filamento una corriente eléctrica y paulatinamente la vamos aumentando, observaremos que el filamento se va volviendo más luminoso y que la sombra que nos parece proyectada sobre la cara incandescente de la caja metálica, va debilitándose, hasta que no se ve dicha sombra, entonces tiene el filamento de platino igual temperatura que la caja metálica incandescente. Por tanteos se va aumentando la temperatura de la caja hasta que tenga la luminosidad del filamento que debe medirse y así se puede obtener con bastante exactitud la temperatura del filamento objeto de la experiencia.

Con el procedimiento práctico de O. Lummer y Kurlbaun se ve que el platino irradia proporcionalmente a la quinta potencia de su temperatura, difiere, pues, de la ley teórica de Stefan de los cuerpos negros.

Mr. Lummer ha aplicado el mismo procedimiento a la medición térmica de los filamentos de carbón de las lámparas de incandescencia, en cuyo caso, la caja de platino se sustituye por un tubo de carbón, calentado por la electricidad. Los resultados de esta última operación demuestra que el carbón se comporta más bien como un cuerpo gris, es decir, como un cuerpo teniendo irradiación menor que en un cuerpo negro ideal, la diferencia es, no obstante, siempre la misma para todas las temperaturas y para todas las irradiaciones luminosas.

Nos parece que el nuevo procedimiento Lummer y Kurlbaun puede aplicarse a todos los filamentos con sólo hacer que la caja sea construída con el mismo cuerpo que el del filamento que se quiere medir su temperatura, y que sea posible tomar bien la de esta caja.

---

(1) Cosmos 1914, pág. 394.

Hay una fórmula para calcular la temperatura de una lámpara eléctrica. Los señores Pirani y Meyer en sus ensayos practicados últimamente han dado la siguiente fórmula para las lámparas de incandescencia:

$$W = K T^n$$

en donde W es la potencia absorvida y T la temperatura, siendo K y n constantes. Despejando T se tiene:

$$T = \sqrt[n]{\frac{W}{K}} \quad \ldots\ldots$$ o sea la temperatura del

filamento. Como se ve es solo una fórmula práctica.

Se ha hecho un descubrimiento que es importante, y es, que, el color o luminosidad del filamento de carbón que gasta 4 vatios por bujía que sirve actualmente de patrón luminoso, es casi exactamente igual a la luminosidad de los cuerpos negros a la temperatura de la fusión del platino, de manera que sería fácil reconstituir aquel patrón en el caso que llegase a desaparecer. Ya que nos ocupamos del patrón luminoso diré que entre los numerosos trabajos que se han llevado a cabo para fijar un buen patrón de intensidad luminosa os recordaré que el más perfecto era el de Violle, quien propuso adoptar como *unidad de cantidad de luz* la que emite un centímetro cuadrado de superficie de un baño de platino en fusión.

En la práctica presenta una seria dificultad la evaluación de este patrón Violle. siendo el principal obstáculo, el que proviene del estado de la superficie del platino fundido, lo cual posee un poder reflectante muy elevado; hay otra y es, la impureza que puede tener el platino, pues la menor, altera el resultado.

En vista de esto, ya sabéis que hace algunos años que Waidner y Burgess (1) creyeron perfeccionar el patrón Violle, tomando una superficie negra como manantial de luz y poniéndola a la temperatura del platino fundido. Propusieron esta definición: La unidad de cantidad de luz, es la cantidad de luz (blanca o monocromática que emite un centímetro cuadrado de un cuerpo negro a la temperatura de la solidificación del platino." Esa definición aún está sujeta a la crítica.

Kinsbury, según dice la *Revue general d'electricité* de principios de este año (2), ha mostrado que el resplandor de un cuerpo negro puede calcularse por una fórmula, que es muy larga y complicada, y por lo tanto, la creo que no es práctica. Esta es:

$$c = \frac{\alpha\,\theta^4}{M\pi} \frac{\int_o^\infty K\lambda\, d\lambda}{\int_o^\infty R\lambda\, d\lambda}$$

(1) Electrical World 1908. pág. 625.

(2) Revue Generale d'electricité, 1917 pág. 52.

α designa la constante de la ley de Stefan.

$K\lambda$ el coeficiente de luminosidad por iguales energías espectrales.

$R\lambda$ es la intensidad en el espectro de la radiación λ .

M es el equivalente mecánico de la luz, es decir, la constante necesaria para expresar el vatio de flúido luminoso en unidades fotométricas corrientes.

El valor de $R\lambda$ podrá hallarse utilizando la ecuación de Wien con los valores experimentales establecidos de las constantes α y c_r

$\alpha = 5'65,10 - 12$

$c_r = 14390$

$M = 0'00139$

$\theta = 2028°$ abs.

En las lámparas eléctricas hemos podido estudiar bien la influencia del calor en la resistencia eléctrica de los cuerpos a elevadas temperaturas. Si bien es muy conocida la propiedad que tiene el calor de aumentar la resistencia eléctrica de los cuerpos, no son muchos los que saben o recuerdan el gran incremento que toma aumentando muchísimo la temperatura, y lo es tanto, que según el Dr. von Bolton, jefe del Laboratorio de la casa Siemens de Berlin. el filamento de tántalo que a la temperatura ordinaria tiene una resistibilidad o resistencia específica de 16'5 microohmios centímetros, cuando está incandescente sube a 83 microohmios centímetros, es decir, cinco veces mayor. Pero esto no es mucho, Mr. Ernest Coustet hace poco, al ocuparse de la lámpara de medio vatio, dice que la resistencia eléctrica del filamento del tungsteno es diez veces mayor a 2,600° que a la temperatura ordinaria o fría (1).

La relación que existe entre la intensidad de la corriente y la temperatura y luz obtenida en los filamentos de las lámparas eléctricas está aun confusa, es difícil de apreciar, y se comprende que sea así atendido a que la energía eléctrica en las lámparas de incandescencia se transforma en calor y luz, pero como esta transformación no es igual en todos los casos, es decir que la relación entre el calor y la luz producida no es siempre igual en todos los aparatos, de aquí no es de extrañar que sean dudosas las fórmulas establecidas, pues es diferente la relación que hay entre la intensidad de la corriente eléctrica y la temperatura de una lámpara, y la que hay entre la intensidad de la corriente y la intensidad lumínica de estos focos luminosos. Hay quien ha dicho que sólo se transforma en luz el 6 por 100 de la energía inicial, pero esto, por fuerza debe variar mucho, principalmente si se emplean sobrevoltaje.

La mayor o menor temperatura a que se sujeta el filamento de las lámparas influye pero mucho en su potencia luminosa, esto es muy conocido, pero no la relación que hay entre ambas.

El poder luminoso de un cuerpo no es proporcional a la temperatura que adquiere este cuerpo, tanto es así, que la luz emitida por un cuerpo incandescente

---

(1) La Natura, 1915 — 2.° pág. 224.

se estima en 46,000 veces más intenso a la temperatura de 1,200° que a la mitad, o sea, a 600°.

En los resultados hallados por Weber se ve que una lámpara de 16 bujías aumentó casi el doble su potencia luminosa aumentando solamente un 2 por 100 la temperatura. Voit da la siguiente fórmula para expresar este crecimiento:

$$F = q\ W^3$$

la cual indica que la intensidad lumínica F crece proporcionalmente al cubo de la energía W; q es un coeficiente práctico.

Weber da la siguiente:

$$H = \frac{6'8 \times 10^{-15}}{C^2\ F^2} \times V^3$$

siendo H la intensidad lumínica media esférica en bujías inglesas; F la superficie del filamento en centímetros cuadrados; C una constante de irradiación que puede tomarse para filamentos opacos—0'0000171 y 0'0000129 para filamentos brillantes.

Si nos fijamos en el consumo de flúido diremos, que mientras una lámpara de carbón sin forzarla a 1580° gastaba 3½ vatios por bujía, hoy la lámpara de filamento de tungsteno cuando adquiere la temperatura cercana a su fusión a 3000°, es decir el doble, según Mr. Coustet gasta sólo 0'2 vatios por bujía o sea el 0'06 por ciento (1).

Todo esto nos dice cuánto influye en el poder lumínico la clase de filamento empleado, y nos convencen los esfuerzos y trabajos practicados para hallar uno que resista altas temperaturas sin estropearse.

Con los trabajos efectuados para obtener en las lámparas el menos gasto en igual potencia luminosa, se ha visto la necesidad de aumentar, pero muchísimo, la temperatura del filamento, pero para lograrlo ha sido preciso buscar metales que las sufran sin fundirse, y esto nos ha hecho conocer a fondo, cuerpos que eran poco conocidos como son el tungsteno, el cerio, el tántalo, etc. Además, se han buscado y explotado minerales que los contengan y así mismo se han perfeccionado los procedimientos para obtenerlos. Ultimamente se ha anunciado un nuevo procedimiento para fabricar filamentos de tungsteno.

La *Revue Generale d'Electricité* del 24 de Marzo último, nos da a conocer una patente de un procedimiento y horno de fusión, con el cual se obtiene el tungsteno. Con el horno que se emplea se llega a obtener tres mil grados y aún más y con este procedimiento se obtiene el tungsteno directamente ductil. La fusión de este metal es completo y como se enfría rápidamente se obtiene un metal

(1) La Natura, 1915 — 2.° pág. 223.

de grano fino, teniendo las propiedades adecuadas para estirarse en filamentos metálicos sin preparación mecánica previa. Además a tan elevadas temperaturas de 3000° todas las impurezas que contiene el tungsteno se volatilizan.

Este forzamiento de las lámparas nos ha dado a conocer que no hay cuerpos infusibles, hasta el tungsteno, el metal más refractario. llega a convertirse en vapor probándolo el ennegrecimiento del vidrio de estas lámparas. Ya que nos ocupamos de esto, diré algo sobre lo que se ha dicho últimamente para explicar el ennegrecimiento de las lámparas de tungsteno. Hay dos hipótesis, unos atribuyen el ennegrecimiento a una evaporación del filamento provocado por el sobrevoltaje, y otros la explican como una desintegración causada por trazas de gases residuales en la bombilla o lámpara.

Las averiguaciones de Mr. Langmuir prueban que los dos fenómenos tienen lugar. El análisis químico indica que en la lámpara existen trazas de vapor de agua. anhidrido carbónico, óxido de carbono, hidrógeno, azóe y vapores de hidrocarburos. Una serie de ensayos metódicos ha probado que sólo el vapor de agua producía un ennegrecimiento sensible. Este se descompone en contacto del tungsteno incandescente, pone en libertad al hidrógeno, mientras que su oxígeno forma con el metal un óxido y el metal es de esta manera transportado sobre las paredes frías de la bombilla o lámpara, mientras que el vapor de agua inicial se reconstituye y el ciclo vuelve a empezar o a reproducirse. Una pequeñísima parte de vapor de agua bastará así para deteriorar el filamento.

Si bien todo esto nos dice que una lámpara en la que se ha hecho mal el vacío durará poco y morirá por un ennegrecimiento rápido, también ocurre que las lámparas que tienen un vacío perfecto y no tienen, por lo tanto, vapor de agua, también se ennegrecen, lo que prueba en este caso que es sólo debido a la volatilización del metal. Mr. Langmuir lo ha confirmado con sus experiencias.

¿Qué es la luz fría? Es un foco eléctrico de gran intensidad lumínica que relativamente da muy poco calor. ¿En qué consiste? En elevar el filamento de una lámpara a temperaturas elevadísimas mayores al punto de fusión sin que se fundan, lo que se logra haciendo que esté encendida sólo durante una pequeña fracción de segundo y apagada otra mayor, y como está sin dar luz, menos de medio segundo, se logra que la retina le parezca que la luz está siempre encendida. Aunque el promedio de la intensidad lumínica sea algo menor, en cambio, como hemos visto, forzando mucho la lámpara puede obtenerse una intensidad centuplicada o más. Estas lámparas, llevan un conmutador rotativo que es el que enciende y apaga la lámpara y haciendo que esté encendida o apagada el tiempo necesario para que no se funda el filamento.

En teoría estas lámparas son muy buenas, pero no se usan, sin duda por su complicación. Lo que en la actualidad se llama luz fría es la que se obtiene con las lámparas de filamento de tungsteno forzadas pero mucho, al doble voltaje, por ejemplo, lo que hace aumentar, disminuyendo el gasto a 14 veces. Una lámpara de 10 bujías de filamento de tungsteno da 150 bujías con un sobre voltaje de 150

por 100. gastando este nuevo foco luminoso sólo 0'25 vatios (1). Cómo esta lámpara gasta tan poca electricidad por fuerza da poco calor, además de que casi toda la energía debe transformarse en luz.

Siendo grande el desgaste de estos filamentos con este sobre voltaje, sólo deben emplearse en operaciones de corta duración o en las que convenga luz fría.

Antes de concluir vamos a enumerar las numerosas aplicaciones que tienen las lámparas eléctricas; como son muchas, sólo nos ocuparemos ligeramente de algunas.

PARA CALENTAR.—El calor producido por las lámparas eléctricas es mucho mayor de lo que generalmente se cree, tanto es así, que deben tomarse precauciones en su instalación en los locales que haya materias combustibles o que puedan producirse polvos inflamables. Dos experimentos prueban este gran podrer calorífero. Envolved una lámpara de 16 o más bujías con algodón seco y veréis que éste se va calentando hasta que se inflama; colocad una lámpara en un montón de polvos de carbón y produciréis una combustión espontánea que se estiende poco a poco y acaba por inflamarse toda la masa. Esto se comprende fácilmente, el filamento está a 1500°, 2000 y 2500° y si el cuerpo a que está en contacto con la bombilla de vidrio no es conductor del calor, va acomulándose hasta que tiene el suficiente para inflamarse. Como casi toda la energía que pasa por una lámpara se transforma en calor y la restante en luz, de aquí que sea preciso buscar filamentos que nos den relativamente poca luz. Debemos escoger las de filamento de carbón de 4 vatios por bujía y además debe rebajarse más la potencia lumínica, disminuyendo el voltaje de la corriente, o bien se emplean lámparas construídas para corrientes de mayor voltaje que el de la corriente que debemos emplear.

Una de las aplicaciones más importantes se halla en la Avicultura para la calefacción de las incubadoras. Ya se ha adaptado en América y en España con éxito.

Se usa también en los laboratorios para obtener temperaturas suaves y constantes. Como aplicación casera, además de los caloríferos especiales de grandes lámparas, hay varios aparatitos que pueden suplir los actuales de resistencia eléctrica.

EN FOTOGRAFÍA tienen gran aplicación las lámparas que sustituyen a la luz solar; esta es variable según las horas del día, mientras que aquella es constante, y por lo tanto, no hay que variar el tiempo de la exposición, este es siempre el mismo.

Se ha dicho que con la *luz fría* pueden fotografiarse sitios poco iluminados como se hace con la luz producida con el magnesio.

EN MEDICINA tiene varias aplicaciones. Una de ellas es el reconocimiento o sondeo del cuerpo humano. Las lámparas empleadas son muy pequeñas, pero las usadas hasta hace poco presentan los inconvenientes de dar poquísima luz

(1) La Energía Eléctrica, 1912, pág. 397.

y relativamente demasiado calor. Hoy con las lámparas de *luz fría* puede obtenerse muchísima más luz dando muy poco calor.

En la fototerapia, nueva rama de la terapéutica, se emplean las lámparas eléctricas para baños de luz, y si ésta es *luz fría*, se evita la acción del calor que a veces es irritante para el enfermo. Además tiene ésta la ventaja de gastar menos electricidad. Ya sabéis que los rayos ultraviolados que producen las lámparas eléctricas de mercurio se emplean para la curación del cáncer.

Con las lámparas eléctricas de *luz fría* se produce un foco intensísimo de luz y esto ha permitido una nueva aplicación y es la de obtener la semi transparencia del cuerpo humano. La mano puesta frente a esta luz se la ve semi transparente: la carne y los huesos toman la apariencia de un cuerpo traslúcido de color rosa blanquecino, sobre la cual se destacan en azul violeta los vasos sanguíneos. Así es posible examinar si existe en la mano algún cuerpo extraño. por ejemplo. perdigones; con esta *luz fría* es posible hacer en la mano el análisis espectroscópico de la sangre en circulación. (1).

Sustitución de las pilas eléctricas y acumuladores.—Con las lámparas eléctricas puede usarse la electricidad de la red general de iluminación. Empleándolas con un dispositivo especial se obtiene electricidad a pequeño voltaje, lo que tiene gran importancia en los timbres de las casas y en las operaciones de laboratorio.

En la marina las lámparas sustituyen por la noche a los telégrafos de banderas. Si colocamos en uno de los palos de un buque una lámpara blanca y a poca distancia una encarnada y en el puente del mismo buque un conmutador en el hilo de cada lámpara; si estos conmutadores están muy cercanos, un marino podrá actuar con las dos manos encendiendo y apagando a voluntad cada lámpara. De manera que podrá usarse el lenguaje Morse, haciendo que la lámpara blanca represente los puntos y la encarnada las líneas.

Pudiendo cada mano mover un interruptor, las letras pueden obtenerse con gran rapidez y por lo mismo telegrafiarse velozmente entre dos buques de una escuadra y entre buque y tierra.

En la aviación militar también hay telégrafo de luces. Según *l'Aérophile* el telégrafo óptico del Dr. Donath funciona bien. Pesa el aparato proyector sólo 1'400 kilos y la batería de acumuladores 5 kilogramos. El aparato proyector, que es un espejo metálico paraboidal de un decímetro de diámetro, teniendo en su foco una lámpara de luz fría, produciendo un haz luminoso de diez mil bujías. Paralelo al eje del espejo y en la parte superior hay un anteojo y el todo se sostiene con una mano, con la cual y con el dedo pulgar se verifican los contactos tocando un botón, logrando se apague o encienda la lámpara. Para que se vea la luz en la estación receptora se mira con el anteojo al sitio que se telegrafía, y por lo tanto, siendo paralelos el anteojo y el eje del reflector, este se pone en condiciones que sea visible la luz. Según dure la emisión de luz más o menos

(1) La Science et la vie, 1913; pág. 404.

tiempo, se tendrán los siguos-letras Morse; la duración larga representan líneas y las cortas los puntos.

El acumulador de este aparato es de 7 elementos, obteniéndose 14 voltios; la luz es fría, que se produce mientras se hacen los signos y de aquí el que con tan pocos elementos se logre un chorro de luz tan potente.

En la guerra, sirve como telégrafo óptico portátil para telegrafíar a pequeñas distancias y como proyectores para observar el campo enemigo a distancias de 3000 metros, consiguiéndose por medio de la luz fría. Siendo los aparatos de poco peso, puede llevarlos un hombre.

En los cinematógrafos pequeños y de salón se emplea la luz fría para evitar que se inflame la cinta cinematográfica.

En las proyecciones fijas con la luz fría pueden obtenerse diapositivas sobre celuloide, sin peligro a que se inflamen.

No quiero molestaros más, voy a concluir, pero antes diré que son tantas las nuevas aplicaciones de la lámpara, que para desarrollar bien esta materia se necesita un volumen. El célebre físico que en el siglo XIX dijo que no era posible la divisibilidad de la luz eléctrica, si resucitara y viera que con un aparato productor de electricidad se obtienen miles de focos luminosos y que sirven para fines tan diversos, existiendo ya tantos millones de lámparas, quedaría asombrado y confesaría que el hombre sabe muy poco, y que debe ir con mucho cuidado en hacer afirmaciones para el porvenir.

Barcelona, Junio 1917.

PRESENTED
5 MAR. 1918

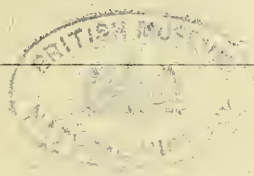
MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 26



NEURÓPTEROS NUEVOS O POCO CONOCIDOS

(NOVENA SERIE)

POR EL ACADÉMICO CORRESPONDIENTE

R. P. LONGINOS NAVÁS, S. J.

Publicada en diciembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 26

NEURÓPTEROS NUEVOS O POCO CONOCIDOS

(NOVENA SERIE)

POR EL ACADÉMICO CORRESPONDIENTE

R. P. LONGINOS NAVÁS, S. J.

Publicada en diciembre de 1917

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1917

NEUROPTEROS NUEVOS O POCO CONOCIDOS

(NOVENA SERIE)

por el académico correspondiente

R. P. Longinos Navás, S. J.

Sesión del día 28 de abril de 1917

Seguiré en esta enumeración el orden que en la serie anterior, citando las especies que con posterioridad he recibido o podido estudiar y ofrezcan algún interés, siquiera por su procedencia.

PARANEURÓPTEROS

1. **Erythemis Attala** Sel. (Libelúlidos).

Santa Fe (República Argentina), 1.° de noviembre de 1915 (P. Mühn, S. J.).

2. **Hoplonæschna armata** Hag. var. **polemista** Nav. (Esnidos).

En la descripción de la variedad (Mem. Real Acad. Cienc. Barcelona, 1917, XIII, p. 156) púsose por error de imprenta *polernista,* debiendo ser *polemista,* de la palabra griega πόλεμος guerra, puesto en consonancia con el nombre específico *armata.*

3. **Lestes macrostigma** Eversm. (Agriónidos).

Entiendo que esta especie es bastante rara en las colecciones y de vida muy local. Durante varios años no la conocía de nuestra península más que de Pozuelo de Calatrava (Ciudad Real) y de Setúbal. Posteriormente D. Carlos Gil la halló en Benabarre (Huesca) el 26 de junio de 1914 y más tarde D. Manuel Vidal en Huércal Overa (Almería) en 1916. Recientemente he recibido un ejemplar ♂ cogido en Aranjuez (Madrid) por D. José María Dusmet el 1.° de junio de 1916. Conviene citar esta nueva localidad de tan interesante especie, la cual debe de estar bastante esparcida por toda la península, si bien localizada, a lo que puede creerse.

Hasta ahora no he tenido la fortuna de hallarla en mis numerosas excursiones ni sé que se haya citado de las provincias de Levante desde Murcia a Francia ni en las del noroeste de España. En las primeras apenas cabe dudar que exista, mas será mérito de los entomólogos de Cataluña el consignar de hecho su existencia en su patria.

EFEMERÓPTEROS

4. **Rhithrogena soteria** sp. nov. (Ecdiúridos).

Similis *germanicæ*, minor.

Caput fuscum, labro fulvo, antice bilobo, seu medio emarginato; oculis in vivo fuscis, nitidis; antennis nigris.

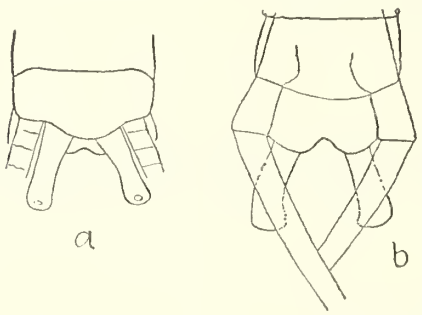


FIG. 1

Rhithrogena soteria ♂ Nav.

a. Extremo del abdomen visto por encima.
b. Visto por debajo.

(Col. m.)

Thorax superne fusco-piceus, nitidus, inferne fuscus.

Abdomen superne fuscum; marginibus posticis segmentorum pallidioribus; inferne fusco-fulvum, margine postico segmentorum pallidiore; ultimo tergito ♂ medio producto, late rotundato (fig. 1, a); ultimo sternito bilobo, medio profunde emarginato (fig. 1, b); lobis copulatoris subcylindricis, basi crassioribus, apice modice dilatatis (fig. 1, a, b), fuscis; cercis fuscis, apice articulorum vix pallidiore, apicem versus fulvescentibus; forcipe (seu cercis inferioribus) fusco-nigro, longo, articulis apicalibus brevibus.

Pedes fusci, immaculati, antici obscuriores, postici pallidiores; articulo secundo tarsorum anteriorum fere quadruplo longiore primo; articulo primo tarsorum posteriorum paulo longiore secundo.

Alæ (fig. 2) vitreæ; reticultione fusca, in ala posteriore pallidiore.

Ala anterior regione stigmali venulis densis, satis regularibus, membrana ibidem longo tractu in areis costali et subcostali fusco leviter tincta, in area subcostali basi fusco tincta; vena axillari prima in basi stria fusca fuscoque limbata.

Ala posterior pallidior; margine costali prope basim in angulum obtusum producto; area costali basi lata, paucis venulis, in reliquo angusta, parallela, crebris venulis instructa.

Long. corp. ♂ . . .	10'5	mm.
— al. ant.	12	„
— — post.	5	„
— cerc.	20	„

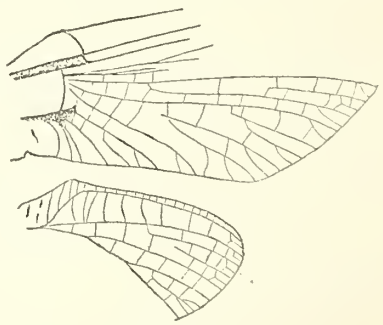


FIG. 2

Rhithrogena soteria ♂ Nav.

Alas: parte posterior de la primera y anterior de la segunda.

(Col. m.)

PATRIA. Zaragoza. Un ejemplar ♂ que cogí el día 29 de marzo de este

año 1917 en la quinta del Salvador, perteneciente al Colegio del mismo nombre; por esto me complazco en apellidar esta nueva especie *soteria,* del griego σωτήρ, salvador.

PLECÓPTEROS

5. **Perla bicaudata** L. *(maxima* auct.) var. **asturica** nov. (Pérlidos).

Similis var. *carlukianæ* Klap., obscurior.

Comparados mis ejemplares con otros típicos de Carluke enviados por el mismo autor Sr. Morton resultan distintos.

El abdomen es más obscuro por encima, menos rojizo por debajo; y en general la parte superior en un todo es más obscura, especialmente en el tórax y abdomen.

Las alas son proporcionalmente más anchas y más redondeadas; la membrana del ala anterior está teñida de pardo, la malla parece más obscura.

Los cercos son obscuros en la base, pálidos en lo restante; en la variedad *carlukiana* se obscurecen en su tercio apical.

Daré su descripción más completa, la cual servirá asimismo para conocer mejor la especie.

♂. Caput transversum, ochraceo-ferrugineum, superne ad latera juxta antennas et inferne in regione media fuscum, fulvo breviter pilosum; oculis grandibus, fusco-ferrugineis; ocellis ochraceo-testaceis, fusco limbatis; callis posterioribus obliquis, elongatis; signo M fuscescente.

Thorax inferne fulvo-ochraceus. Prothorax transversus, margine antico manifeste convexo; angulis anticis acutis, prominentibus; margine postico retrorsum leviter convexo; marginibus lateralibus retrorsum leviter convergentibus; superne fulvo-fuscus, rugis, et linea media fuscis. Meso-et metanotum picea, nitida.

Abdomen inferne fulvo-ochraceum, superne fusco-olivaceum, medio pallidius; ultimo sternito amplo, postice medio late emarginato, superne lobis lateralibus digitiformibus, reflexis, sensim attenuatis, medio contiguis; cercis abdomine longioribus, fortibus, breviter pallido pilosis, fulvis, apice segmentorum fusco, in quarto basilari segmentis brevibus, transversis, totis fuscis, in reliquis elongatis.

Pedes fulvo-ochracei, fulvo pilosi, femoribus anterioribus obscurioribus, fortibus.

Alæ apicem abdominis haud attingentes, apice rotundatæ; reticulatione forti; membrana levissime fusco tincta, distinctius fusca in ala anteriore; area apicali 2 venulis; radio ultraanastomosin fere bis furcato; procubito et cubito prope basim pallidis.

Ala anterior 3-5 venulis procubitalibus, 7-8 cubitalibus.

Ala posterior lata, 4-6 venulis cubitalibus; area axillari bene evoluta.

Long. corp. ♂ . . . . . 15'5 mm.
— al ant. . . . . 10'5 „
— — post. . . . . 9'5 „

Patria. Nueva (Asturias), Lauffer leg. (Coll. m.).

6. **Capnia Dusmeti** sp. nov. (Cápnidos).

Similis *nigræ* Pict.

Caput atrum, nitens, fulvo-griseo breviter pilosum, labro antice truncato, subrecto; oculis nigris; palpis nigris; antennis filiformibus, nigris, nigro pilosis, primo articulo crasso, secundo et quarto latioribus quam longioribus, ceteris sensim elongatis.

Prothorax transversus, antice subduplo latior quam postice, capite angustior, niger, nitidus. Meso-et metathorax similiter nigri, nitidi.

Abdomen nigrum, fulvo pilosum, lamina octavi sterniti medio testaceo-fulva; cercis fusco-nigris, fusco pilosis, apice articulorum pallidiore; articulis 4 primis latioribus quam longioribus, ceteris longioribus, sensim elongatis.

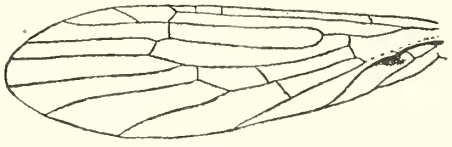


Fig. 3.
Capnia Dusmeti ♀ Nav.
Ala anterior.
(Col. m.)

Pedes nigri, tibiis tarsisque fuscis.

Alæ hyalinæ, leviter infumatæ; reticulatione forti, fusco-nigra; membrana ultra venulam subcostalem ultimam distinctius infumata.

Ala anterior (fig. 3) area costali fere 2 venulis ante apicem subcostæ; radio ad ortum sectoris antrorsum convexo; sectore radii adspectu simplici, seu ramo posteriore furcæ initio in modum venulæ subperpendicularis disposito; venula radiali citra hanc divisionem seu citra hanc venulam inserta; cellula inter utrumque ramum cubiti angusta, longa, trapezoidali, introrsum angustata; varice axillaris primæ margine antico oculo nudo subrecto, sub lente in angulum flexo et sub-interrupto; hac axillari prima vix curvata, nigra, retrorsum et introrsum in maculam triangularem acutam producta; axillari secunda sinuosa.

Ala posterior pallidior, membrana vix tincta; reticulatione tenuiore, fusca; procubito in medio interno seu ante anastomosim pallido, furca sesquilongiore suo pedunculo; axillari tertia brevi, areolam fusco-cinereo tinctam claudente, fimbriis ibidem pallidis.

Long. corp. ♀ . . . . . 5 mm.
— al ant. . . . . 9 „
— — — post. . . . . 7'2 „

Patria. Escorial, 26 de marzo de 1916. Dusmet (Col. m.).

7. **Capnia Maynari** sp. nov.

Similis *atræ* Mort.

Caput atrum, opacum, vel parum nitens, pilis griseis brevibus; labro antice late rotundato; palpis nigris; antennis nigris, nigro pilosis, articulo primo crasso, cylindrico, secundo et quarto latioribus quam longioribus, tertio et reliquis longioribus quam latioribus, ad apicem leviter dilatatis.

Thorax niger, pilis griseo-fulvis. Prothorax latior quan longior, capite angustior, marginibus anteriore et posteriore subæqualibus, subrectis, lateralibus leviter convexis, opacus. Meso-et metanotum nitida.

Abdomen nigrum; lamina subgenitali ♀ octavi sterniti triangulari-acuta, longiore quam latiore; cercis fusco-pallidis, in tertio basilari articulis brevibus, in reliquo elongatis, apice crassioribus et obscurioribus.

Pedes griseo-fusci, femoribus obscurioribus, griseo pilosi.

Alæ (fig. 4) hyalinæ, in area apicali haud obscuratæ; apice elliptice rotundatæ; reticulatione forti, fusca, haud limbata; thyridio griseo, distincto; furca sectoris radii ultra venulam radia lem sita.

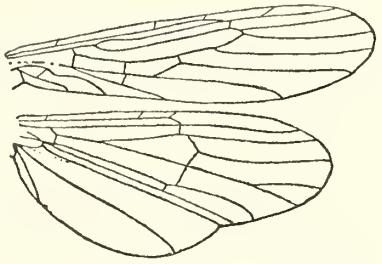


Fig. 4.
Capnia Maynari ♀ Nav.
Alas
(Col. m.)

Ala anterior angusta, una vel altera venula costali citra apicem subcostæ (præter basilarem); radio ad ortum sectoris antrorsum curvato; sectore ultra venulam radialem furcato, furca sessili, seu ramo posteriore cum procubito venula aliqua conjuncto, hac venula prope procubitum thyridio albo-griseo distincta; cellula cubitali triangulari elongata, seu introrsum acuta; vena axillari prima ultra venulam fortiter curvata, vix in varicem incrassata, vixque pallidiore; neve centridio notata; venula axillari obliqua, axillari secunda recta, apice subito curvata; membrana levissime griseo tincta.

Ala posterior costa, subcosta et procubito in medio interno pallidis; thyridio ad procubitum hinc et inde ad venulas insertas distincto; furca procubiti sesquilongiore suo pedunculo; vena axillari tertia brevi, areolam haud obscuratam claudente.

Long. corp. ♀	4	mm.
— al ant.	7'5	„
— — post.	6'5	„

Patria. Peñaflor (Zaragoza), 6 de marzo de 1917, Maynar (Jesus) leg. (Col. m.).

8. **Napcia** gen. nov.

Etim. Anagrama de *Capnia*.

Similis *Capniæ* Pict.

Abdomen cercis abbreviatis, subobsoletis; lobo supraanali in laminam recurvam erectam acuminatam, lamina infragenitali simili (fig. 5).

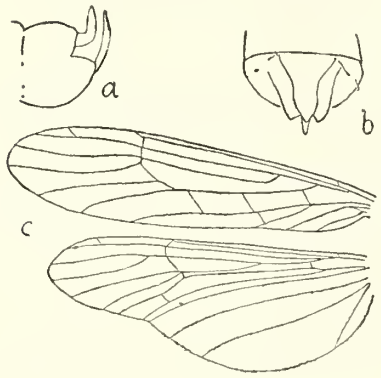


FIG. 5

Napcia libera ♂ Nav.

a, *b*. Extremo del abdomen visto de lado y por encima.
c. Alas.

(Col. m.)

Alæ una venula costali prope basim, alia apicali prope apicem, longe ab anastomosi distante; signo χ haud manifesto (fig. 5, c).

Ala anterior procubito ultra medium et ad anastomosim furcato, thyridio ibidem manifesto; 3 venulis inter procubitum et cubitum; prima axillari haud manifeste varicosa neve fortiter curvata.

Ala posterior area axillari bene evoluta, procubiti utroque ramo furcato.

Cetera ut in *Capnia* Pict.

Se parece mucho al género *Capnia* en la estructura de las alas, excepto en que no está manifiesta la χ, por cuanto la venilla apical dista mucho de la anastomosis; ítem difiere en lo corto y rudimentario de los cercos del ♂ y en la forma de los lóbulos o láminas supraanal y subgenital.

Con el género *Capnopsis* Rost. conviene en la brevedad de los cercos, pero difiere notablemente en la anchura del campo axilar del ala posterior y malla de la anterior.

El tipo es *Capnia libera* Nav.

9. **Napcia libera** Nav. (fig. 5).

Capnia libera. Navás. Mem. Primer Congr. Nat. Españoles, 1908, p. 146.

Para mejor conocimiento de la especie descrita a la vista de dos ejemplares ♂ muy incompletos. se hace conveniente dar la figura de las alas y extremo abdominal del ♂ (fig. 5).

NEURÓPTEROS

10. **Chrysopa hieronyma** sp. nov. (Crisópidos).

Caput flavum, rufescens, immaculatum; palpis concoloribus; oculis in sicco cinereis; antennis primo articulo grandi, subduplo longiore quam latiore, concolore cum capite, ceteris nigris, nigro pilosis.

Thorax flavus, rufescens. Prothorax paulo latior quam longior, angulis anticis oblique truncatis, superne macula rubea notatis.

Abdomen deest.

Pedes fortes, flavidi.

Alæ grandes, angustæ, acutæ, irideæ; reticulatione viridi-flava; stigmate elongato, viridi-flavo.

Ala anterior venulis fere omnibus totis nigris; item sectore radii initio et partim ad medium, ad insertionem venularum ramorumque; cellula divisoria angusta, fusiformi, ad utrumque apicem angustata; venulis intermediis 5, prima paulo citra apicem cellula divisoriæ inserta; venulis gradatis $^{4}/_{8}$ vel $^{5}/_{8}$.

Ala posterior venulis plerisque viridibus, mediis costalibus, ultimis radialibus et gradatis $^{3}/_{7}$ fuscis.

Long. al ant.	. . . . .	16'5 mm.
— — post.	. . . . .	15 „
Lat. — ant.	. . . . .	5'7 „
— — post.	. . . . .	4'8 „

Patria. Guatemala: S. Jerónimo, Champion. Un ejemplar en mi colección que recibí del Sr. Meade-Waldo con este rótulo: "Chrysopa tetrasticta Nav. Compared with type, G. M.-W." Aunque muy defectuoso, me ha parecido conveniente describirlo en lo posible como especie nueva.

11. **Chrysopa laminaris** sp. nov. (fig. 6).

Caput flavum; stria transversa sanguinea ante basim antennarum, alia crassa longitudinali ante oculos; oculis in sicco fusco-nigris; palpis maxillaribus nigris, ad articulationes et ultimo articulo ad apicem, pallidis; antennis flavis, apicem versus fuscescentibus.

Thorax inferne flavus, superne viridis, fascia longitudinali media flava. Prothorax latior quam longior, antrorsum angustatus, angulis anticis rotundatis.

Abdomen inferne viridi-album; pilis ubique flavidis; superne late viride, fascia longitudinali flava, lamina subgenitali ♂ (fig 6, a, b) grandi, apice abdominis multo breviore, lata, ante apicem leviter emarginata, apice triangulari, flavescente.

Pedes viridi-flavi, pilis concoloribus; tarsis flavescentibus; tibiis posticis teretibus, sine linea impressa longitudínali.

Alæ latæ brevesque, apice sub-

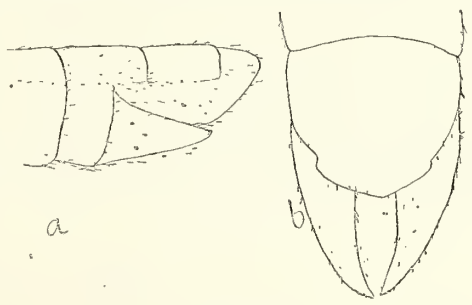


Fig. 6

Chrysopa laminaris ♂ Nav.

a. Extremo del abdomen visto de lado.

b. Visto por encima.

(Col m.)

acutæ; membrana hyalina, iridea; reticulatione et stigmate viridibus; pilis longiusculis fimbriisque fuscis.

Ala anterior area costali ante medium mediocriter ampliata; venulis 5 intermediis, prima ad ultimum tertium cellulæ divisoriæ inserta; venulis gradatis $^{5}/_{6}$.

Ala posterior angustior, venulis gradatis $^{4}/_{5}$.

Long. corp. ♂	6'8 mm.
— al ant.	11'5 „
— — post.	10 „

Patria. República Argentina: Santa Fe, 11 de abril de 1916. P. Mühn S. J. (Col. m.).

12. **Chrysopa Soumainæ** Lacr.

Chrysopa Soumainæ Lacroix, Bull. Soc. end. France, 1915, p. 244.

Creo conveniente dar la despripción latina, conforme a mi estilo de esta especie que reputo buena y que falta en mi monografía de los Crisópidos de Europa escrita poco antes que se publicase dicha *Chrysopa*.

Similis *subcubitali* Nav.

Caput partim flavescens; puncto nigro inter antennas, alio grandi ad genas et alio minore ad clypei latera; vertice duobus punctis fuscis signato; palpis maxillaribus nigris, articulationibus pallidis; primo articulo antennarum grandi, flavo, stria externa fusco-nigra; segundo immaculato, reliquis flavescentibus, apicem versus fuscescentibus.

Prothorax duobus punctis fuscis magnis in disco et aliis duobus similibus ad marginem externum. Mesonotum duobus puncto discalibus anterioribus.

Pedes viridescentes, tarsis rufescentibus.

Ala anterior lata, ad apicem fere tota rotundata, pilis griseo-nigris parum densis; stigmate longo, conspicuo, viridescente; costa puncto nigro ad basim; venula prima intermedia intra cellulam divisoriam cadente. Venæ totæ virides, striola nigrescente in vena procubitali ad secumdam cellulam procubitalem. Omnes venulæ, paucissimis exceptis, marginalibus inclusis, totæ nigræ. Venulæ gradatæ $^{5}/_{6}$ vel $^{5}/_{7}$.

Ala posterior acuta; stigmate longo, conspicuo, viridescente; puncto grandi nigro ad costæ basim. Venulæ costales, intermediæ, duæ primæ procubitales, prima cubitalis et gradatæ $^{3}/_{6}$ vel $^{4}/_{6}$ totæ nigræ, reliquæ tantum ad apices.

Long. al. ant.	7 mm.
— — post.	5'5 „

Patria. Francia: Ambollas, Pirineos Orientales (Col. Lacroix).

13. **Coloma scriptus** sp. nov. (Hemeróbidos).

Similis *marmoratipenni* Blanch.

Caput flavum, pilis fulvis; vertice tumido; stria fusca longitudionali ad genas; oculis palpisque fuscis.

Thorax fulvus, pilis fulvis, superne fuscescens. Prothorax transversus, fuscus, linea media longitudinali dorsali fulva.

Abdomen fuscum, inferne fulvescens, pilis fulvis, longis.

Pedes fulvi, tibiis fortibus, teretibus, articulo primo tarsorum apice fusco.

Alæ apice rotundatæ, membrana iridea, levissime fulvo tincta; stigmate parum distincto.

Ala anterior membrana inter venas interque venulas costales atomis fuscis subcontiguis in series quasi scripta; reticulatione fusca; area costali prope basim mediocriter dilatata; venulis costalibus plerisque furcatis; gradatis sive discalibus fere $^6/_5$, seriei internæ 4, una vel altera intercalata; sectore radii 2 ramis, utroque prope originem et ante apicem furcato.

Ala posterior pallidior, immaculata; reticulatione fulva; sectore radii 3 ramis; ramo recurrente ad basim sectoris et procubiti; 2 venulis discalibus.

Long. corp.	3'5 mm.
— al. ant.	5 „
— — post.	4'5 „

Patria. República Argentina: Santa Fe, enero de 1916, P. Mühn S. J. (Col. m.).

14. **Mantispa calceata** sp. nov. (Mantíspidos).

Similis *Bruchi* Nav.

Caput flavum; macula inter antennas, in lineam longitudinalem usque ad os, supra clypeum interruptam, fusco-violacea; genis totis usque ad os fuscis, medio flavis; fastigio verticis tuberculiformi, flavo, medio et ad latera fusco; occipite macula laterali fusca; oculis fusco-cinereis; palpis flavis, ultimo articulo fusco; antennis primo articulo obconico, flavo, secundo brevi (ceteri desunt).

Prothorax angustus, transverse rugosus, pilis tenuibus, flavus, atomis fuscis lateralibus sparsis in lineam longitudinalem parum manifestam dispositis, tuba brevi, tertio longitudinis prothoracis, angulo antico parum prominente, striola longitudinali ad ipsum et tuberculis posticis fuscis; metazona cylindrica, postice vix ampliata. Meso-et metasternum flava, atomis fuscis. Mesonotum subtotum flavum, duabus striolis mediis et fascia laterali longitudinali fuscis. Metanotum subtotum fuscum.

Abdomen flavum, tribus fasciis longitudinalibus, media latiore, superne et inferne, fusco-nigris; cercis flavis, puncto apicali fusco.

Pedes flavi, antici flavo, postici fusco pilosi; femoribus anticis inflatis, externe flavo-fulvis, interne subtotis nigris, spina principali basi et apice nigra; tibiis posticis teretibus, in tertio apicali aut amplius viridibus; unguibus posticis 4 dentibus armatis.

Alæ hyalinæ, irideæ; stigmate fusco-sanguineo, elongato triangulari; venis plerumque flavidis; venulis ramisque fuscis; area costali angusta, fere 7 venulis; area apicali angusta.

Ala anterior ramis flexuosis ex cellulis radialibus prodeuntibus 2, 2, 2; venulis gradatis 10 a radio ad procubitum; gutta fulvo-fusca ad angulum axillarem.

Ala posterior ramis flexuosis fere 2, 3, 2, ex cellulis radialibus 1, 2, 3 prodeuntibus; venulis gradatis 10 inter radium et procubitum.

Long. corp. ♂	10'5 mm.
— al. ant.	12 „
— — post.	10'5 „

Patria. República Argentina: Santa Fe, P. Mühn S. J. (Col. m.).

SOCÓPTEROS

15. **Psocus Burmeisteri** sp. nov. (Sócidos).

Similis *fuscipenni* Burm.

Caput ferrugineo-fuscum, nitens; labro, oculis ocellis palpisque fuscis; antennis ala anteriore multo (subduplo vel duplo) longioribus, fuscis, duobus primis articulis brevibus, fusco-ferrugineis, lævibus, ceteris elongatis, fuscis, pilis fuscis hispidis.

Thorax piceus, nitidus.

Abdomen piceum, lamina supraanali ♂ apice rotundata.

Pedes fusci; tersorum articulo primo subæquali secundo in tarsis anterioribus, duplo longiore in posterioribus.

Alæ membrana fusco tincta, reticulatione fusca.

Ala anterior stigmate fusco, triangulari, lato; membrana citra et ultra illud pallida, itemque ad marginem in cellula postica et ad cellulam discalem; venis ramisque in disco fusco-fulvis, in apice fusco-nigris; furca apicali 1 elongata, duplo longiore suo pedunculo, angusta, leviter basi flexuosa; areola postica triangulari, subæquilatera, vertice rotundato.

Ala posterior membrana in medio basilari obscuriore; postcubito tenui, anguste albido limbato; furca apicali mediocri, ramo antico subæquali vel paulo breviore suo pedunculo, postico paulo longiore.

	♂	♀
Long. corp.	3 mm.	3'5 mm.
— al. ant. . . .	5'5 „	6'5 „
— — post. . . .	4'5 „	4'8 „

Patria. República Argentina: Provincia de Buenos Aires, 1 y 16 de mayo de 1915, 30 de diciembre de 1915, Bruch (Mus. de La Plata y Col. m.).

TRICÓPTEROS

16. **Leptocella splendida** sp. nov. (Leptocéridos).

Caput, thorax et ala anterior squamis densis fortiter irideis vestita.

Caput fuscum, squamis verticis smaragdino et violaceo fortiter irideis; oculis fuscis; palpis nigris, pilis concoloribus; antennis ala anteriore duplo longioribus, fuscis, in quarto basilari articulis fulvo annulatis; articulo primo inflato, grandi, fusco-nigro, squamulis irideis vestito.

Thorax fuscus; pro-et mesonoto squamis smaragdino et violaceo fortiter irideis. Metathorax testaceo-ferrugineus, nitidus, lævis, seu sine squamis.

Abdomen fulvum, fulvo pilosum, haud squamatum; ultimo tergito in dentem medium acutum producto; cercis superioribus longis, tenuibus, fulvis.

Pedes fusci, fusco pilosi; tarsis longis, articulo primo tarsi posterioris ceteris simul sumptis multo longiore.

Ala anterior angusta; reticulatione testacea; membrana tota squamis nigris multiculoribus irideis vestita, viridibus, cupreis, aureis, violaceis; macula stigmali testacea,

Ala posterior reticulatione, pilis fimbriisque fuscis; membrana iridea; furca apícali 5 longa, grandi, margine anteriore convexo.

Long. torp. ♂	4'8 mm.
— al. ant.	7 „
— — post.	5'4 „

Patria. República Argentina: Santa Fe, 30 de abril de 1916, P. Mühn S. J. (Col. m.).

17. **Macronema centrotum** sp. nov. (Hidropsíquidos).

Simile *lauto* Mac Lachl.

♂ Caput atrum, nitens; verrucis verticis atris, pilis fuscis hirtis; oculis fuscis; palpis fuscis, pilis infernis longiusculis, pallidioribus; antennis primis articulis atris (ceteri desunt).

Thorax ater, nitidus.

Abdomen fuscum, ad marginem posticum segmentorum pallidius, pilis apicis longis, fuscis; cercis inferioribus longis, linearibus, fuscis.

Pedes testacei; coxis omnibus et femoribus anterioribus fuscis; calcaribus externis multo longioribus, testaceis, internis fuscis.

Alæ membrana fusco tincta, flavido maculata; fimbriis pilisque etiam in maculis, fuscis; reticulatione fusco-nigra, in maculis pallida.

Ala anterior angusta, apice parabolico, margine externo recto aut leviter

convexo; furca apicali prima longa, pedunculo haud longiore cellula discali, quinta brevissima, cellulam quadrangularem, latere interno brevisimo, formante; cellula discali manifeste pentagonali, venula anteriore (inter sectorem et radium) ad medium marginis antici ejusdem cellulæ, vel ad verticem anguli antici; cellula media sesquilongiore et angustiore, venula postica prope basim sive verticem internum sita. Maculæ ochraceæ tres: duæ ad costam transversæ ultra medium alæ, antice latæ, postice acutæ, interna antice dilatata ad aream costalem interne ad modum striæ, externe cum secunda macula conjuncta, postice usque ad verticem internum cellulæ mediæ penetrans; externa triangularis, cellulam discalem subtotam implens et cellulam mediam attingens; tertia transversa in modum striæ irregularis a margine anteriore et externo cellulæ mediæ usque ad marginem posteriorem alæ.

Long. corp. ♂	8'8 mm.
— al ant.	13'5 „
— — post.	3'4 „

Patria. Indochina: Chapa, 10 de junio de 1916, Vitalis de Salvaza (Col. m).

18. **Leptonema columbianum** Ulm.

República Argentina: Santa Fe, 1 de noviembre de 1915 y 24 de marzo de 1916. J. Mühn S. J. (Col. m.).

Cítase por vez primera expresamente de la Argentina, aunque en realidad se había ya citado de esta nación en Ulmer, Macronematinæ, 1907, p. 51. donde se dice: "Missions (léase Misiones, que es provincia de la Argentina), J. Künkel, März 1900, in Pariser Museum."

19. **Ganonema neurodes** sp. nov.

Simile *brunneo* Ulm., minus.

Caput fusco-ferrugineum, pilis fulvis; oculis fuscis; palpis fuscis, pilis longis, fulvis; antennis ala anteriore longioribus, fulvis, apice articulorum fusco; duobus primis articulis subtotis ferrugineis.

Thorax fusco-ferrugineus, fulvo sparse pilosus.

Abdomen fusco-fulvum, pilis fulvis.

Pedes fulvi, tarsis pallidioribus; femoribus tibiisque posticis superne fuscis; calcaribus tibiarum anticarum brevibus, ceteris longis, 2, 4, 4, externis longioribus; tarsorum articulis apice ferrugineo.

Alæ fuscescentes, subopacæ, reticulatione pilisque fuscis, aliquot pilis fulvis.

Ala anterior apice parabolico, subacuto; margine externo levissime concavo; radio et cubito in medio interno alæ incrassatis, ferrugineis; radio cum ramo anteriore sectoris ante apicem arcuate confluente; cellula discali angusta, longa, ante medium alæ incipiente; cellula media paulo breviore, subæqualiter sita, paulo latiore; furca apicali 1 longa, prope medium cellulæ discalis penetrante;

venulis internis cellularum apicalium IX et X in lineam obliquam continuatis; nygmate interno grandi, perspicuo; membranula seu area axillari alba.

Ala posterior angustior, ad medium dilatata; margine costali ante apicem concavo, apice rotundata; furca apicali 1 longa, angusta, quater saltem longiore suo pedunculo; 2 et 3 sesquilongioribus, 3 breviore 2; fimbriis longis, ad marginem externum tractibus fuscis et albidis.

Long. corp. ♀	7'3 mm.
— al. ant.	14'3 „
— — post.	9'5 „

Patria: Tonquín: Cho-ganh, R. Vitalis de Salvaza (Col. m.).

20. **Hydropsyche leptocerina** sp. nov. (Hidropsíquidos).

Caput fuscum, pilis fuscis aureisque, longiusculis; oculis fuscis; palpis fusco-fulvis, longis, fulvo pilosis; antennis ala anteriore sesquilongioribus, fulvis, aureo et fusco pilosis, in tertio basilari inferne totis fulvis, externe linea longitudinali fusca; omnibus articulis superne apice late fuscis.

Thorax fuscus, fulvo pilosus.

Abdomen fuscum, sparse longiterque fulvo pilosum; ultimo tergito processu longo, sensim angustato, apice declivi, fulvo; cercis superioribus erectis, lanceolatis, apice acutis, fulvis; cercis inferioribus longis, primo articulo claviformi, in medio apicali dilatato, secundo brevi, triangulari-acuto, fulvis; copulatore compresso, apice bulboso, fulvo-testaceo.

Pedes fusco-fulvi, coxis fuscis; calcaribus longis, fortibus, fulvis, 2, 4, 4; tarsis longis, fulvis, apice articulorum fusco, posticis subtotis fuscis.

Ala anterior angusta, apice parabolico; furca apicali 1 longa, brevissime pedunculata, 3 fere triplo longiore suo pedunculo; reticulatione fusca; pubescentia aurea, fusco conspersa, densius in quinto apicali et in medio interno marginis posterioris.

Ala posterior latior; reticulatione, pilis fimbriisque fuscis; furca apicali 1 breviore suo pedunculo, 3 triplo vel quadruplo longiore; cellula discali angusta, margine externo recto, venula posteriore inter verticem furcæ apicalis 2 et verticem internum cellulæ discalis sita.

Long. corp. ♂.	5'5 mm.
— al. ant.	9'5 „
— — post.	7 „
— antenn.	13 „

Patria. Indochina: Aunam Hatrai, 19 de octubre de 1915, R. Vitalis de Salvara (Col. m.).

21. **Nonquitus** gen. nov. (Policentrópidos).

Etim. Anagrama de Tonquinus.

Similis *Hyalopsychæ* Ulm.

Caput sine ocellis; antennis fortibus; palpis maxillaribus 5 articulis, duobus primis brevibus, tribus ultimis elongatis, subæqualibus, vel ultimo longiore.

Abdomen ♀ ovipositore conico instructum.

Pedes calcaribus 3, 4, 4, internis longioribus; tibiis anterioribus apice incrassatis, mediis haud dilatatis; tarsis longis, articulo primo ceteris simul sumptis longitudine subæquali.

Alæ angustæ, pilosæ; cellula discali clausa; furca apicali 2 sessili.

Ala anterior furcis apicalibus 1, 2, 3, 4, 5, quarta sessili; cellula media clausa; area costali venula accessoria ornata; furca apicali 1 brevissima.

Ala posterior furcis apicalibus 2, 3, 5; furca 3 pedunculata; cellula media aperta sive nulla.

El tipo es la siguiente especie.

Difiere del género *Hyalopsyche* del Africa occidental en la forma de los palpos, de las tibias intermedias de la ♀, pubescencia de las alas, etc.

22. **Nonquitus incertus** sp. nov.

Caput ferrugineo-fuscum, pilis fulvis; oculis fusco-nigris, magnis, globosis, superne seu in vertice magis inter se distantibus unius latitudine, antice subcontiguis, seu quinto unius latitudinis vel minus inter se distantibus; palpis testaceis, articulis cylindricis, ultimo articulo elliptico-elongato; antennis ala anteriore haud longioribus, articulis brevibus, primis latioribus quam longioribus, fulvis pallidis, ad articulationes fuscescentibus, sensim attenuatis.

Thorax testaceus, fulvo pilosus.

Abdomen fuscum, fulvo pilosum, margine postico segmentorum pallidiore, inferne fusco-ferrugineum; ovipositore fulvo, conico, acuto, margine superiore leviter concavo.

Pedes fulvi, fulvo pilosi, femoribus posticis basi puncto nigro externo notatis; calcari primo in tibiis anterioribus ante medium sito.

Alæ angustæ, apice elliptice rotundatæ, posteriore acutiore; reticulatione forti, fusco-testacea; venula claudente cellulam discalem forti; ceteris discalibus tenuibus; pilis fimbriisque fulvis.

Ala anterior venula accessoria areæ costalis fere ad medium alæ sita; furca apicali 1 brevissima, 2 longa, cellulam discalem subtriangularem attingente, 3 duplo longiore suo pedunculo, 4 subæquali tertiæ, angustiore, 5 subæquali secundæ, latiore.

Ala posterior brevior; furca apicali 2 longa, 3 brevi, 5 triplo latiore tertia.

Lon. corp ♀	5'5 mm.
— al ant. . . . . ,	6'5 „
— — post.	5'4 „

Patria. Tonquín. Un ejemplar ♀ que tenía hace años en mi colección enviado por el P. de Joannis, sin más precisión de localidad.

PRESENTED
8 MAR. 1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 27

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

TERREMOTOS OBSERVADOS EN LA REGIÓN IBEROPIRENÁICA DESDE JUNIO A OCTUBRE DE 1917

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Publicada en enero de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 27

TERREMOTOS OBSERVADOS EN LA REGIÓN IBEROPIRENAICA DESDE JUNIO A OCTUBRE DE 1917

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Publicada en enero de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

TERREMOTOS OBSERVADOS EN LA REGIÓN IBEROPIRENAICA DESDE JUNIO A OCTUBRE DE 1917

por el académico numerario

DR. EDUARDO FONTSERÉ

Sesión del día 14 de noviembre de 1917

Me limitaré en esta nota a la enumeración de los temblores del suelo de que se tienen noticias macrosísmicas más o menos detalladas, prescindiendo de los de carácter puramente instrumental, los cuales figuran ya en la hoja mensual de la Estación sismológica del Observatorio Fabra. Los datos que han servido de base

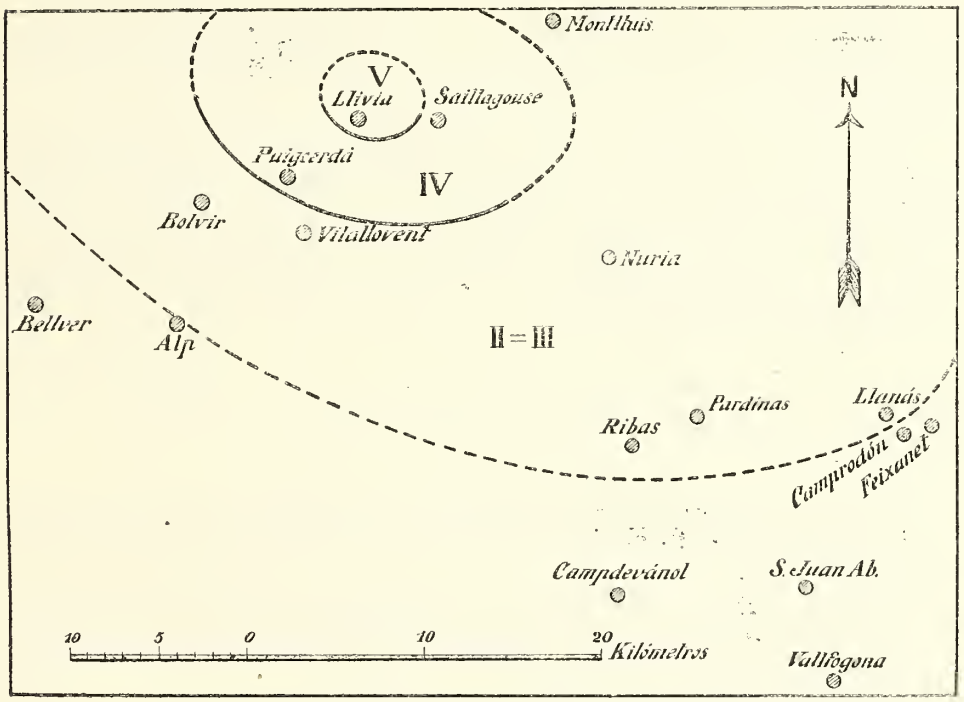


Fig. 1.—Carta isosística del temblor de tierra del día 22 de junio de 1917 a las 11 h. 24 m. 29 s., referida a la escala de Mercalli

al presente estudio son una demostración más de la buena voluntad con que los observadores de la Red sismológica de la Región Iberopirenáica colaboran en las investigaciones del Observatorio Fabra, contribuyendo así al progreso de la exploración sísmica de nuestro país. A todos ellos he de expresar una vez más mi gratitud por su cooperación, en alto grado desinteresada; gratitud extensiva a las personas que expontáneamente nos han remitido sus observaciones.

En los resúmenes que siguen, las horas se refieren, como de costumbre, al meridiano de Greenwich, y las intensidades macrosísmicas a la Escala de Mercalli.

Temblor del 22 de junio de 1917, a las 11 h. 24 m. 29 s.

Fué registrado este sismo en los Observatorios del Ebro, Gerona y Fabra. Los valores numéricos que resultan de los respectivos sismogramas son:

	P	Δ	O
Ebro. . . .	11 h. 25 m. 05 s.	240 Km.	11 h. 24 m. 29 s.
Gerona. . .	—	85 Km.	—
Fabra . . .	11 h. 24 m. 48 s.	123 Km.	11 h. 24 m. 29 s.

Concuerdan, pues, exactamente el Ebro y Fabra para la hora en el orígen, y en cuanto al epicentro resulta su situación en la Cerdaña, algo al NE. de Llivia.

De las informaciones macrosísmicas recibidas, se deduce para este terremoto un área muy restringida, con una intensidad máxima de grado V en el epicentro, coincidiendo sensiblemente este último con la posición que resulta de los datos instrumentales. Las curvas isosistas quedan interrumpidas en el correspondiente mapa (fig. 1) en las cercanías de la frontera, por no contarse todavía con observadores en esta zona francesa.

Datos macrosísmicos referentes al temblor de tierra del 22 de junio de 1917, a las 11 h. 24 m. 29 s.

ALP.—*Rdo. D. Ramón Agulló, párroco.*—Grado I.

BELLVER.—*D. P. Font L.*—Grado I. Estima como de grado IV el temblor en Puigcerdá.

BOLVIR.—*Rdo. D. Daniel Castellá, párroco.*—Grado II. Transmite la observación del Rdo. D. Félix Pont, ecónomo de Maranges, quien se hallaba a la sazón en la casa rectoral de Bolvir.

CAMPDEVÁNOL.—*D. Pelegrín Fossas, alcalde.*—Grado I.

CAMPRODÓN.—*D. José Serra.*—Grado I.

FREIXANET.—*Iltre. Sr. Alcalde.*—Grado I.

LLANÁS.—*D. Miguel Pons, maestro.*—Grado II. Sentido el temblor de tierra por su esposa, enferma, que notó un movimiento insólito de la cama.

LLIVIA.—*D. Calixto Freixa, Alcalde.*—Grado IV-V. Fuerte trepidación, casi instantánea, acompañada de un ruido como de carruaje escapado rodando sobre guijarros. Manifiesta que durante los últimos 30 años han ocurrido varios terremotos en Llivia, llegando algunos al grado VII.

LLIVIA. *D. Antonio Esteva Canal, farmacéutico.*—Grado IV-V. Duración aproximada, un segundo. Muchos labradores, trabajando en el campo, notaron también la sacudida. El punto de mayor intensidad, segun las noticias del observador, fué un castillo cercano a Llivia.

NUESTRA SEÑORA DE NURIA.—*Rdo. D. Antonio Ballester, pbro.*—Grado I? El observador se hallaba en Puigcerdá al ocurrir el temblor. Preguntados el Sr. Sacerdote que le suplía en el santuario y varias otras personas, no ha podido obtener ningún dato afirmativo.

PARDINAS.—*Rdo. D. R. Martí, párroco.*—Grado I.

PUIGCERDÁ.—*D. Juan Martinez Pagani, jefe de Telégrafos.*—Grado IV. Duración unos dos segundos. Según las noticias recibidas por el observador, fué notado el terremoto en toda aquella porción de la Cerdaña, con un máximo de intensidad en Llivia.

SAN JUAN DE LAS ABADESAS.—*D. Bartolomé Rodá Surroca, secretario del Ayuntamiento.*—Grado I.

RIBAS DE FRESSER.—*D. A. Soler Reus, secretario del Ayuntamiento.* —Grado II. Sintió el observador, estando apoyado en la pared, como si ésta se separase. La sacudida fué de cortísima duración.

VALLFOGONA.—*D. Joaquin Colomer, secretario del Ayuntamiento.*—Grado I.

VILALLOVENT.—*Rdo. D. Antonio Alabau Riu, pbro.*—Grado II. El observador no notó sacudida alguna, pero sí un ruido fuerte como si pasara una carreta por el camino contiguo a la sala rectoral. La duración de este ruido fué de unos seis segundos.

TEMBLOR DEL 26 DE JULIO DE 1917, A LAS 8 H. 45 M.

Este sismo no ha sido registrado por ningún aparato de nuestro observatorio, ni de los demás de la región. Por este solo hecho debe ya considerársele como débil.

Corresponde a la serie del alto Éssera, del cual figuran descritos en las memorias de la Academia varios sismos que alcanzaron los grados VI y VII de intensidad (1).

Parece circunscrito a la región de Benasque, no habiéndose señalado por observadores de las cercanías. Por esto no se ha trazado el mapa correspondiente.

Datos macrosísmicos referentes al temblor de tierra del 26 de Julio de 1917 a las 8 h. 45 m.

BENASQUE.—*D. Angel Ballarín Cornel.*—Grado IV. Duración dos o tres segundos. Dirección aparente, del Este.

(1) Memorias de la R. A. de C. y A. vol XII n.º 8.

BENASQUE.—*Rdo. D. Cirilo Bielsa, pbro. ecónomo.*—Grado IV. Duración aparente, inferior a un segundo; ruido subterráneo parecido al de un viento suave.

BURGASÉ.—*Rdo. D. Ramón Giral, párroco.*—Grado I.

SAHÚN.—*Rdo. D. José M.ª Nerín, párroco.*—Grado I. Por efecto de las tronadas pudo pasar desapercibida una trepidación ligera.

VIELLA.—*Rdos. Hnos. de las Escuelas Cristianas.*—Grado I.

TEMBLOR DEL 5 DE AGOSTO DE 1917, A LAS 15 H. 1 M.

Tampoco fué registrado en el Observatorio Fabra, ni tenemos noticia de que lo fuese en otro alguno. Abarcó una pequeña zona en los alrededores de Onteniente, hasta Alcoy. Tampoco hemos creido necesario trazar la carta isosística, ni disponemos de datos suficientes para ello.

Datos macrosísmicos referentes al temblor de tierra del 5 de agosto de 1917, a las 15 h. 1 m.

ALCOY.—*D. Fernando Cabrera, farmacéutico.*—Grado III. Remite un ejemplar del "Heraldo de Alcoy" según el cual las sacudidas fueron tres, de unos dos segundos de duración cada una, y ocurrieron en el espacio de diez minutos. Según el propio periódico, en Agres se sintió el temblor con bastante intensidad (Grado IV?)

AYELO DE MALFERIT.—*D. Leonardo Carreres, maestro.*—Grado I.

BOCAIRENTE.—*Rdo. D. Antonio Artés, párroco.*—Grado I.

FUENTE LA HIGUERA.—*D. José Ros, alcalde.*—Grado I.

ONIL.—*D. Vicente Cortés.*—Grado I.

ONTENIENTE. — *Rdo. D. José M.ª Reig, pbro.*— Grado IV. Dos sacudidas; la segunda, algo más intensa que la primera, ocurrió un segundo después de haber cesado la oscilación producida por ésta.

TEMBLOR DEL 11 DE SEPTIEMBRE DE 1917, A LAS 9 H. 25 M.

El R. P. José Bielsa, Sch. P., nos comunicó que el dia y a la hora antes indicados se sintió una fuerte sacudida en Daroca, donde reside el observador. Esta sacudida ocurrió durante una fuerte tormenta, y se le puede asignar por lo menos el grado IV de la escala de Mercalli. Algunos vecinos huyeron de sus casas por temor de que se les viniesen encima; otros atestiguan la oscilación de las puertas y de los picaportes.

TEMBLOR DEL 28 DE SEPTIEMBRE DE 1917, A LAS 15 H. 42 M. 28 S.

La información, así instrumental como macrosísmica, es suficiente para precisar con bastante aproximación las principales características de este terremoto. La hora de las primeras ondas en el Observatorio Fabra fué 15 h. 42 m. 58 s.; en cuanto a las segundas, los sismogramas de los diversos aparatos dan horas comprendidas entre 15 h. 43 m. 14 s. y 15 h. 43 m. 18 s. Para $S - P$ se ha adoptado definitivamente 16, 5 s., que es el valor más conforme con lo que da el microsismógrafo de Vicentini, donde mejor se diferencian las dos fases. La distancia epicentral calculada por las tablas de Klotz es 149 Km. y la hora en el origen 15 h.42 m. 28 s. A propósito de los coeficientes empleados, no estará de más indicar que para los terremotos de nuestra región la fórmula de Jordan da siempre valores cortos, siendo más exactos los que se deducen aplicando las referidas tablas de Klotz.

Para la determinación instrumental del epicentro, hemos dispuesto de los siguientes datos:

Observatorio	S — P	Distancia
Ebro	$32^s, 2$	290 Km.
Fabra.	$16^s, 5$	149 „
Gerona.	$8^s, 8$	79 „
Marsella	$20^s, 7$	186 „

Los datos de Marsella nos han sido comunicados por el Director de aquel centro, D. E. Bourget; los del Ebro corresponden al promedio de los valores obtenidos en los diversos sismógrafos, valores que nos han sido comunicados por el R. P. Pedro Trullás, S. J., y los de Gerona los hemos deducido de la hoja del péndulo Mainka, que ha tenido la bondad de facilitarnos el catedrático de aquel Instituto Sr. Novella.

Las distancias que anteceden concuerdan en la situación del epicentro en un punto situado en el mar, a los 42° 30' de latitud Norte y o h. 13 m. 6 s. al Este de Greenwich.

La información macrosísmica corrobora esta posición, dando los límites del VI grado de Mercalli en una línea que lame la costa, desde el Cabo de Creus hasta la desembocadura del Tet, con intensidades decrecientes hacia la parte continental. La mayoría de los observadores de la región epicentral concuerdan en el carácter *explosivo* de los ruidos que han acompañado al temblor, hasta el punto de que, según las localidades, se atribuyó el fenómeno a la explosión de una mina flotante, o a la de la fábrica de dinamita de Paulilles.

Una réplica menos intensa se produjo entre 3 h. y 4 h. del día 29, y no llegó a impresionar los aparatos del Observatorio Fabra.

Datos macrosísmicos referentes al temblor de tierra del 28 de septiembre de 1917, a las 15 h. 42 m. 28 s.

AGULLANA.—*D. Mariano Gibert,* por encargo del Ilmo. Sr. D. Luis Mariano Vidal.—Grado IV. Ruido como del motor de un automóvil. Trepidación que duró unos treinta segundos.

ARGENTONA.—*D. Francisco Burniol, maestro.*—Grado I.

BAGUR.—*D. Francisco Pi, médico.*—Grado IV. Fenómeno acompañado de ruidos; duración brevísima.

BANYULS-SUR-MER.—*Prof. E. Racovitza, subdirector del Laboratorio Arago.*—Grado V. Dirección aparente, de NW. a SE. Empezó a percibirse un silbido como de gas fuertemente comprimido escapando por un orificio estrecho; este ruido duró cosa de un segundo y terminó en otro de explosión violenta, análogo a la detonación de un cañón de grueso calibre a pequeña distancia. A este último ruido acompañó una trepidación que duró un segundo y medio e hizo temblar el suelo y la puerta del despacho del observador. Inmediatamente después del ruido de explosión siguió un ruido débil de rodamiento como el de un trueno muy lejano, que duró poco más de un segundo. Tanto la trepidación como este último ruido fueron más perceptibles en la playa que en el pueblo. El observador ha sido testigo de varios terremotos de diversa intensidad sin haber notado en ninguno un carácter tan claramente explosivo como en éste; sin duda por esta causa la totalidad del vecindario atribuyó el fenómeno a una explosión (minas flotantes, almacenes de dinamita, etc.).

BARCELONA.—*D.ª María Rodríguez, Vda. de Zimmer.* — Grado II. Ligerísima oscilación de Este a Oeste y viceversa, que duró como unos cuatro segundos.

BARCELONA.—*D. José Fusté y Vila.*—Grado II. Sentido el temblor como una oscilación bien perceptible de la cama en que descansaba el observador.

FARO DE CADAQUÉS.—*D. Sebastián Alfaras, torrero encargado.*—Grado V. Dirección aparente, de Norte a Sur. Trepidó el edificio del faro, causando bastante pánico. Duración total unos cuarenta segundos. En el pueblo de Cadaqués la mayoría de los habitantes sintieron una réplica a las 4 horas del día 29, percibida en el faro como un débil ruido.

CASTILLO DE ARO.—*D. Timoteo Rovira, macstro.*—Grado I.

Ntra. Sra. DEL COLLELL.—*D. Juan Roquer, pbro.*—Grado II. Percibido el sismo en forma de ruido extraño por el Sr. Director del Colegio del Collell.

CRESPIÁ.—*D. Luis Mir, vigilante de la Estación de aforos.* — Grado I.

EL PASTERAL.—*D. Joaquín Solé, ingeniero.*—Grado I.

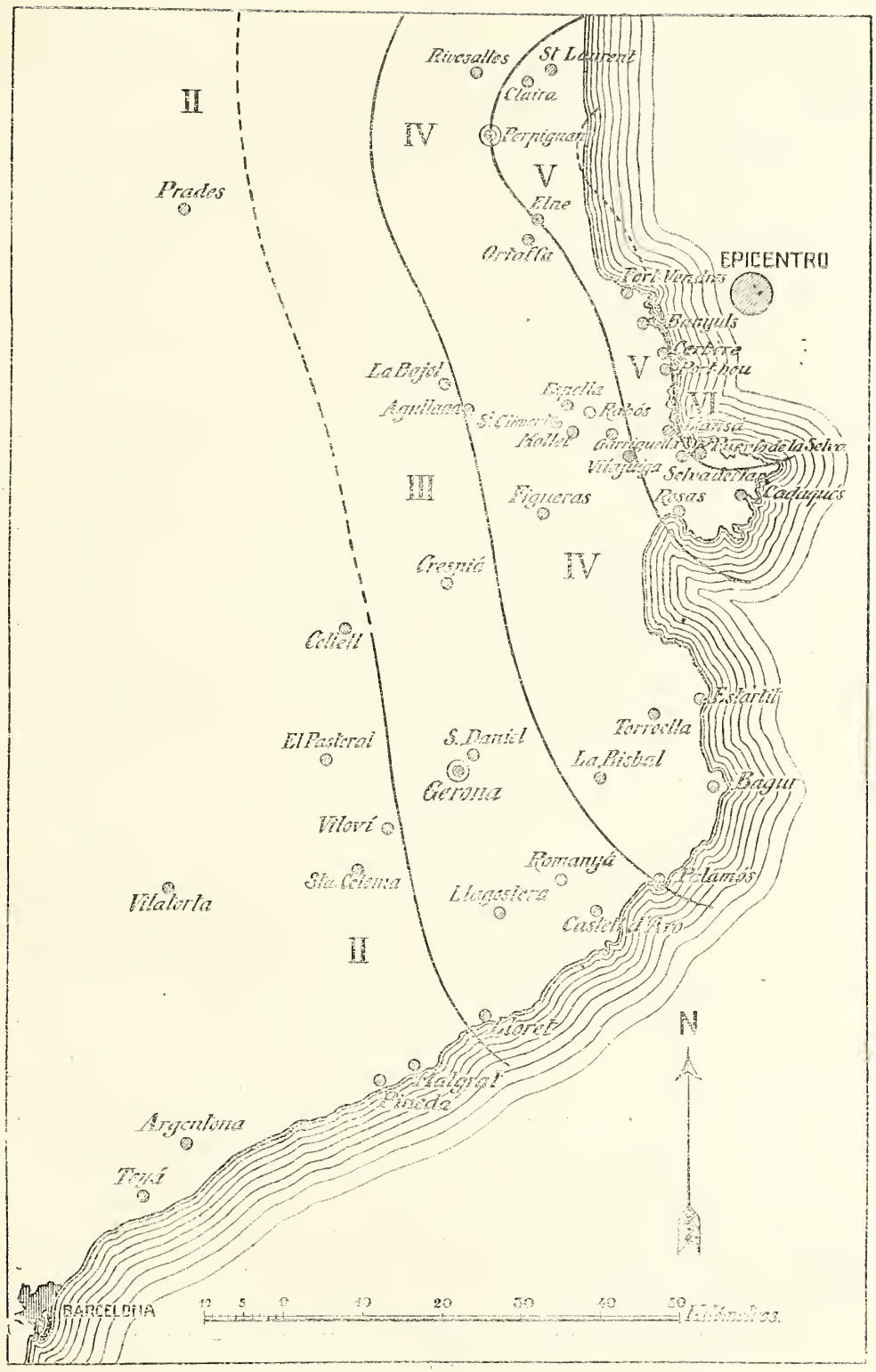


Fig. 2.—Carta isosística del temblor de tierra del día 28 de septiembre de 1917 a las 15 h. 42 m. 28 s., referida a la escala de Mercalli

ELNE.—*D. Raymond de Lacrivier.*—Grado IV. Más intenso el fenómeno del lado de la costa, hacia el Este. Duración brevísima. Remite diversos recortes de periódicos del Mediodía de Francia, según los cuales pueden admitirse las siguientes intensidades para los diversos pueblos que se indican: Cerbère, IV-V; Claira, V-VI; Port-Vendres, V; Prades, I-II; Rivesaltes, IV-V; St. Laurent de la Salanque, V.

ESPOLLA.—*D. Angel Costal Marinell-lo.*—Grado IV. Sacudida acompañada de un ruido subterraneo bastante intenso. Duración pocos segundos. Las personas ocupadas en las faenas agrícolas percibieron claramente el ruido, pero pocos notaron el temblor. En Rabós, Mollet de Perelada y S. Clemente Sasebas la intensidad ha sido próximamente igual que en Espolla.

FIGUERAS.—*D. Juan Camps, catedrático del Instituto.*—Grado IV. Más intenso hacia la frontera. Muchos creyeron que el fenómeno era debido a una explosión. Réplica mucho más débil sentida por algunos al día siguiente.

GARRIGUELLA.—*D. J. Casellas, farmacéutico.*—Grado III. Transmite la observación de D. Andrés Domingo, quien percibió la trepidación acompañada de un ligero ruido semejante a un trueno; ratificada esta observación por otras personas. Mucho más intenso el temblor en Port-Bou.

GERONA.—*Dr. D. José Estalella, catedrático del Instituto.*—Grado IV. Sentido por muchas personas como un movimiento de vaivén.

LA BAJOL.—*D. Olegario Capalleras.*—Grado III. Fuerte ruido semejante a un trueno de muy larga duración. Algunas personas notaron además la oscilación de algunos objetos.

LLADÓ.—*D. Pedro Vayreda y Olivas.*—Grado I. Preguntado un vecino de Vilafant manifestó que no se había sentido allí el terremoto.

LLAGOSTERA.—*Rdo. D. Pedro Torrent, pbro.*—Grado I.

LLANSÁ.—*D. Antonio Vergé, farmacéutico.*—Grado V. Sensación como dos tremendas explosiones ocurridas a gran distancia y con intervalo de unos dos segundos. Todos los vecinos sintieron el ruido y muchos la oscilación del suelo. El fenómeno fué más intenso en el Puerto de la Selva. Algunos amigos del observador que estaban en el mar dicen no haber oido ni percibido nada.

LLORET DE MAR.—*D. Emilio Martínez Passapera.*—Grado III. Duración cosa de un segundo. Algunos vecinos sintieron también el movimiento.

MALGRAT.—*D. Domingo Pons, maestro.*—Grado I.

MONTPELLIER.—*Dr. M. Moye, profesor de la Universidad.* — Grado I. No hay noticia de que haya sido tampoco percibido en Narbona ni en Beziers.

PERPIGNAN.—*D. Carlos Grando, director de la Revue Catalane.* — Grado V. Dos sacudidas con dos segundos de intervalo, acompañadas de ruido como de explosión. Duración de cada sacudida, más de un segundo. En las habitaciones algunos muebles se corrieron. En los primeros instantes muchos creyeron que había hecho explosión la fábrica de Paulilles. El sismoscopio del observatorio da como dirección NW-SE. En Prades, grado I; en Rivesaltes, grado IV-V.

PERPIGNAN.—*D. Luis Pastre, profesor.*—Grado V. Desviación de los muebles en los pisos superiores; en los bajos de las casas el movimiento fué muy poco sensible. Ruido sordo que algunos han comparado al paso de un camión automóvil y otros a una explosión lejana. Dirección de la oscilación, NW-SE. En Ortaffa los postigos de las ventanas fueron violentamente sacudidos y sonó la campana del reloj.

PINEDA.—*D. Emilio Gents y Horta, maestro.*—Grado I. No sentido tampoco en las poblaciones vecinas.

PUERTO DE LA SELVA.—*D. José Oriol y Cervera, ingeniero de caminos.*—Grado VI. Duración de dos a tres segundos; oscilación vertical y una sola sacudida. El ruido que precedió al terremoto constó de dos períodos bien marcados, anteriores ambos al sismo; fué semejante al de un automovil que marchara a gran velocidad y pareció venir del SW. Réplica (grado V?) el día 29 a las 3 h., que despertó a varias personas.

PUERTO DE LA SELVA.—*D. Julio Suñer Roig, farmacéutico.*—Grado V. Trepidación de los frascos de la farmacia y temblor del suelo como si pasara muy cerca un tren. Las campanas del reloj dieron ocho o nueve golpes poco intensos. Duración del temblor, de dos a tres segundos. Réplica muy ligera el día siguiente a la madrugada. En Selva de Mar la intensidad fué casi como en el Puerto, sintiéndose también allí la réplica del día 29.

ROMANYÁ DE LA SELVA.—*D. Pedro Motjer.*—Grado III. Duración unos 5 segundos.

SAN DANIEL.—*Rdo. D. Juan Canadell, párroco.*—Grado I. En Gerona, de grado IV.

SAN JULIAN DE VILATORTA.—*R. P. Manuel Cazador, S. F.*—Grado I. Igual referencia de Vich y Manlleu.

SANTA COLOMA DE FARNÉS. — *D. Conrado Prat, maestro.* — Grado I.

TEYÁ.—*Dr. Jacinto Barrera, farmacéutico.*—Grado I.

TORROELLA DE MONTGRÍ.—*D. Eduardo Viñas.*—Grado IV. Duración muy corta; quizá un segundo. En Estartit, junto a la costa, se sintió el fenómeno con intensidad parecida. La prensa de Palamós cita también el temblor de tierra, como habiendo durado un segundo.

VILAJUIGA.—*D. Vicente Mir Carbó, maestro.*—Grado IV. Sensación como si dieran un gran golpe en la bóveda sobre la cual se hallaba el observador, sacudida que hizo temblar el edificio y fué seguida de un ruido de unos diez segundos de duración y parecido al de un automóvil que pasara por las calles próximas. La sacudida fué más intensa hacia el norte de la población.

VILOVÍ DE ONYAR.—*D. Rosendo Puigvert.*—Grado I, a juzgar por las referencias recogidas, por hallarse ausente el observador. Estima como de grado III el temblor en la parte alta de Gerona.

TEMBLORES DEL 10 DE OCTUBRE DE 1917

Constituyen una recrudescencia de las réplicas del terremoto del 28 de septiembre, de las cuales el Ingeniero D. José Oriol y Cervera, del Puerto de la Selva, observó cinco o seis muy débiles durante aquellos días. Las sacudidas mejor sentidas el día 10 de octubre fueron tres; una sobre las 17 h., otra más fuerte a las 21 h. 27 m. y una tercera hacia las 22 h. 10 m. La primera y la segunda estuvieron incluidas en el grado IV en Perpignan y en el Puerto de la Selva, y sólo fueron de grado II en Elne, según comunica D. Raymond de Lacrivier. De la tercera sólo tenemos los datos remitidos por el Sr. Oriol. La réplica principal se registró en la componente vertical de nuestro Vicentini a las 21 h. 27 m. 0 s., lo cual da para el origen, suponiendo identidad de epicentro con el temblor del 28 de septiembre, las 21 h. 26 m. 37 s. En la Selva el ruido que la acompañó fué percibido como un trueno profundo, claramente subterráneo.

TEMBLORES DEL 17 DE OCTUBRE DE 1917

La actual actividad sísmica de nuestra región costera se manifestó también este día. De Igualada, D. Gabriel Castellá Raich nos comunica una observación de fenómenos que pueden atribuirse al grado II de Mercalli; pero por lo aislado de la observación, es de suponer que en caso de que sean aquéllos de origen sísmico, el temblor habrá sido muy débil y de área reducidísima. La hora de la observación fué 5 h. 36 m.

El propio día se produjo en el faro de Santapola una oscilación de grado IV y de unos tres segundos de duración, a las 21 h. 45 m., según comunica el torrero encargado de aquel faro D. Francisco Segarra. En la población de Santapola fué también sentido el temblor de tierra. El area y la intensidad máxima debieron ser pequeñas, por cuanto no se registró este sismo en los péndulos Bosch ni en el Vicentini de Alicante, según nos escribe el Sr. Ingeniero jefe de aquella estación sismológica, D. Juan García de Lomas.

TEMBLOR DEL 23 DE OCTUBRE DE 1917, A LAS 22 H. 42 M. 29 S.

Este terremoto, en el Observatorio Fabra, fué sentido como de grado IV. El instante del comienzo de las primeras ondas en los péndulos Mainka fué 22 h. 42 m. 36, 5 s. (1), y el de las ondas lentas 22 h. 42 m. 41,6 s., correspondiendo una

(1) Por no haberse tenido en cuenta debidamente, en el primer momento, la corrección del reloj, se dió á la prensa y figura en el Boletín mensual P = 22 h. 42 m. 35 s.

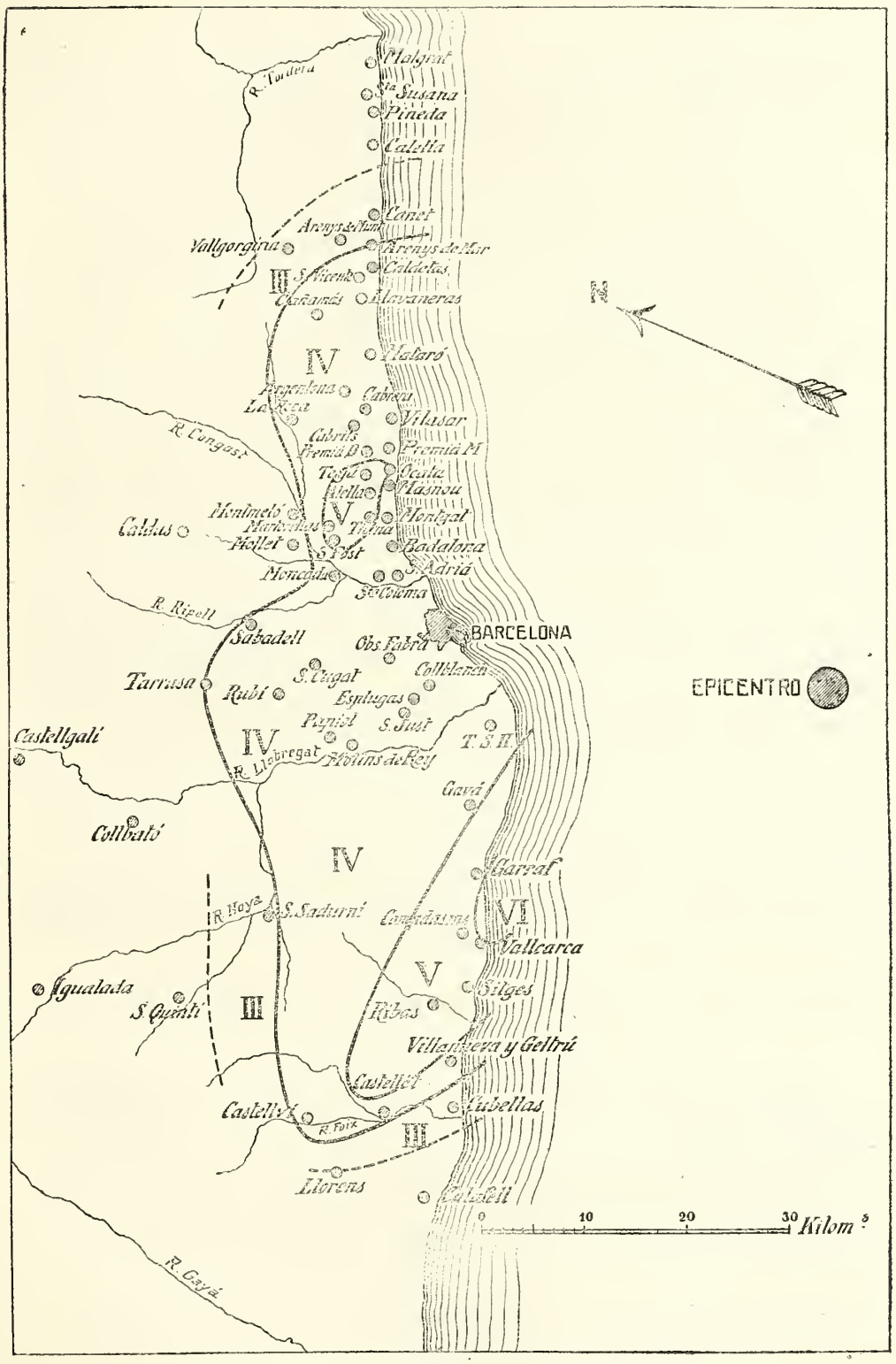


Fig. 3.—Carta isosística del temblor de tierra del día 23 de octubre de 1917 a las 22 h. 42 m. 29 s., referida a la escala de Mercalli

distancia epicentral de 47 Km. y una hora, para la sacudida en el origen, igual a 22 h. 42 m. 29 s.

El Observatorio del Ebro registró P = 22 h. 42 m. 54 s.; con este valor y el de la hora en el origen, resulta $\Delta = 161$ Km.

El sismograma de Gerona, que me ha sido remitido por el Sr. Novella, da $i\,L - i\,P = 12,4$ s., o sea $\Delta = 114$ Km.

De los demás observatorios, es imposible obtener fases concretas; en Marsella el sismograma se redujo a ondas largas de interpretación dificil, según me ha comunicado el Sr. Bourget.

Los datos de los observatorios catalanes, juntamente con las observaciones macrosísmicas, permiten situar el epicentro en el mar, en un punto cuya posición aproximada es 41° 3′ de latitud norte, y 0 h. 9 m. 15 s. al este de Greenwich.

La información macrosísmica revela dos máximos; uno, que parece ser principal, en las costas de Garraf, cuyo grado de intensidad se acerca al n.° VI de Mercalli, y otro aislado, de grado V, en la región de Alella. Este último se presentó también cuando el terremoto de Arenys de 15 de junio del año pasado, y si bien su presencia podría admitir como explicación la mayor costumbre de los observadores de las cercanías en percibir los movimientos del suelo, si se tratase de los tres últimos grados de la esçala, tratándose de la intensidad V, cuyas características son ya de orden más objetivo, hay que admitir la existencia de un hecho efectivo. Acaso sería también posible situar un ligerísimo máximo de intensidad en la Sierra del Montalt, cerca de Canyamás. Además la zona de grado IV presenta un saliente bien caracterizado en las cercanías de Rubí, donde se han producido hace pocos años movimientos bien perceptibles del suelo.

Es de notar la forma fuertemente excéntrica de la curva limitativa del grado V en la línea que va de Garraf a la confluencia de la riera de Montayans con el rio Foix. Algunos observadores de la parte NE señalan pequeñas réplicas.

En el resumen histórico de temblores de la región Iberopirenáica, que estamos elaborando, figura, con epicentro igual o muy próximo a éste, otro terremoto más fuerte ocurrido el dia 7 de junio de 1875. (1)

Datos macrosísmicos referentes al temblor de tierra del 23 de octubre de 1917, a las 22 h. 42 m. 29 s.

ALELLA.—*D. Rosendo Colomer.*—Grado IV. Ha sido esta sacudida una de las más fuertes sentidas en Alella. Duración 8 o 10 segundos; dirección aparente, NE a SW.

ALELLA.—*D. Marcelino Pons Raventós, maestro.*—Grado IV. Sentida la sacudida por todos los habitantes.

ARENYS DE MAR.— *Dr. José Calbetó, farmacéutico.*—Grado IV. Dura-

(1) Memorias de la R. A. de C. y A., vol XIII, núm. 18.

ción unos 5 segundos. Ruído como de viento muy fuerte. El movimiento sísmico, en opinión de muchas personas, no fué tan intenso como el de junio de 1916.

ARENYS DE MAR.—*D. Francisco de Prats y Casas, abogado.*—Grado III.-IV. Trepidación de los cristales. Duración 3 a 4 segundos.

ARENYS DE MUNT.—*D. Blas Llusá, farmacéutico.* — Grado IV-V. Duración unos cinco a seis segundos. Ruido que puede dividirse en tres fases: 1.ª, como de un autocamión que pasara por la calle; 2.ª, trepidación que hace retemblar el edificio y los muebles, despertando algunas personas; 3.ª ,como si el vehículo se alejara.

ARGENTONA.—*D. Francisco Burniol, maestro.*—Grado IV. Dirección aparente de N. a S.

BADALONA.—*D. Rodolfo Perez, oficial de Telégrafos.* — Grado IV. Duración de ocho a nueve segundos. Dirección aparente de NW a SE. Sentido con más intensidad en la parte alta que a la orilla del mar.

BADALONA.—*D. Joaquin Tapias, del Grupo Astronómico Badalonés.*— Grado IV. Dos detonaciones seguidas de un eco como un trueno lejano, que duró poco más de medio minuto.

BARCELONA. (Distrito II).—*D.ª J. A. D.*—Grado IV. Trepidación de las puertas y vidrieras como la que produciría la explosión de una bomba, pero más intensa y duradera.

BARCELONA..(Observatorio Fabra).—*D. Gabriel Campo.* — Grado IV. Ruido semejante al de un fuerte trueno lejano. Duración unos 5 segundos. Referencias de que se ha sentido en el Llano del Llobregat y particularmente en Viladecans.

BARCELONA.—*Dr. César Comas Llavería, médico.*—Grado III-IV. Débil ruído como de un trueno lejano, acompañado de trepidación en dirección vertical bien marcada. Duración unos tres segundos, con un máximo de intensidad en el ruido y en la trepidación durante el 2.º segundo.

BARCELONA.—*D. José Maciá.*—Grado IV. Sensación como si se desplomara una gruesa pared en las cercanías.

BARCELONA.—*D. Arnaldo Margarit, ingeniero.*—Grado IV. Dos sacudidas bien distintas, de unos tres segundos de duración cada una, con tres o cuatro segundos de intervalo entre ambas. Dirección aparente, de NW a SE. Las oscilaciones de cada sacudida, más fuertes al empezar, disminuyendo después.

BARCELONA.—*D. Pedro M. Puig, publicista.*—Grado IV. Movimiento de contracción como si el piso se hundiera, seguido a los pocos segundos de otro análogo más fuerte. Ruido como de un automóvil o carro muy pesado.

BARCELONA.—*D. Juan Sobrerroca Llop.*—Grado IV. Duración unos ocho o diez segundos con tres máximos bien marcados, sobre todo los dos primeros; trepidación acompañada de un ruido sordo.

BARCELONA.—*D. Salvador Raurich, de la Sociedad Astronómica de*

Barcelona.—Grado IV. Sacudida claramente subsultoria, de duración próxima a un segundo.

BARCELONA.—*D. José Thomas.*—Grado IV-V. Algunos vecinos salieron asustados a la escalera.

CABRERA DE MATARÓ.—*D. Juan Solá, maestro.*—Grado IV. Ruido parecido a un trueno, al que siguió la sacudida y trepidación durante algunos segundos.

CABRILS.—*D. Manuel Ruiz, maestro.*—Grado IV. Duración un segundo.

CALAFELL.—*D. Francisco Ferré, maestro.*—Grado II. Sentido por pocas personas, en su mayoría ancianas.

CALDAS DE ESTRACH.—*D. Federico Lefler, maestro.*—Grado III. Dos trepidaciones con cuatro o cinco segundos de intervalo.

CALDAS DE MONTBUY.—*R. P. Francisco Gili, Sch. P.*—Grado I.

CALELLA.—*D. Fernando Plá, farmacéutico.*—Grado II. Tres sacudidas muy débiles, sentidas en los diversos pisos de la casa.

CANET DE MAR.—*D. José Garreta, director de la escuela graduada.*—Grado II. Algunas personas oyeron como ruido de carro, precisamente en callejones donde éstos no tienen acceso. Un sereno refiere haber oido como un trueno a las 2 h. 30 m. del día 24; su descripción y la del resplandor que siguió al fenómeno durante unos 5 minutos, inclinan más bien a creer que se trata de un bólido.

CASTELLGALÍ.—*D. Enrique Casassas, maestro.*—Grado I.

CASTELLVÍ DE LA MARCA.—*D. Damián Ricart, maestro.*—Grado IV-V. Todos los vecinos coinciden en que no se oyeron ruidos subterráneos. Da referencias de haberse sentido en Villafranca del Panadés.

COLLBÀTÓ.—*D. Juan Barangó Caritg.*—Grado I.

COLLBLANCH (Hospitalet de Llobregat). — *D. Federico Bosch Serra, maestro.*—Grado IV. Trepidación acompañada de ruido parecido al que produce un carro al subir por las aceras. Duración pocos segundos.

ESPLUGAS DE LLOBREGAT.—*D. José Adrián, maestro.*—Grado IV. Sacudidas en un intervalo de cuatro a seis segundos. El Sr. Secretario del Ayuntamiento notó a las 0 h. 35 m. pequeños ruidos subterráneos o sacudidas mucho mas débiles que las anteriores.

GARRAF.—*D. Felix Corominas, jefe de la estación del f. c.*—Grado V-VI. Algunas personas supusieron que el ruido era debido a alguna catástrofe ferroviaria. En la estación de Vallcarca, un guarda-agujas que estaba sentado en una silla de espaldas a la pared cayó al suelo por efecto del movimiento de la misma. En Gavá parece haber sido el temblor de grado IV.

IGUALADA.—*D. Gabriel Castellá.*—Grado I.

LA ROCA.—*D. Antonio Montserrat, maestro.*—Grado IV. Trepidación instantánea y de una intensidad análoga a la que produciría un motor en la planta baja de la casa.

LLORENS.—*D. Carlos Andreu.*—Grado I.

MALGRAT.—*D. Domingo Pons, maestro.*—Grado I.

MARTORELLAS.—*D. Jaime Cluet, maestro.*—Grado V. Ruido subterráneo como de huracán, que precedió a la sacudida sísmica. Duración cuatro segundos. El temblor fué mas intenso en la parte baja de la localidad. Según referencias, en San Fausto de Capcentellas la intensidad fué también de Grado V.

MASNOU.—*D. Esteban Matas.*—Grado IV-V. Al temblor siguió un ruido subterráneo de seis a ocho segundos de duración. Dirección aparente, de NW a SE.

MASNOU (OCATA).—*D. Luis G. Bierge.*—Grado V. Duración unos cuatro segundos. Ruido subterráneo como un trueno ligero.

MATARÓ.—*R. P. Manuel Bordás, Sch. P.*—Grado IV. Ruido sordo como si alguien caminara descalzo en los pisos superiores. En Canyamás el movimiento parece que fué más intenso, cercano al grado V, habiendo salido el Sr. Párroco de su casa para enterarse de si había ocurrido alguna desgracia.

MOLINS DE REY.—*D. Luis Puiggari, secretario del Ayuntamiento.*—Grado IV. Duración cortísima.

MOLLET.—*D. José Andreu, Maestro.*—Grado I.

MONCADA.—*D. José Closas Farriols.*—Grado IV. Ruido profundo seguido de una fuerte sacudida de abajo a arriba, como si la tierra saltase. Duración un par de segundos.

MONTBLANCH.—*D. Antonio Fortuny Clavé, oficial de Telégrafos.*—Grado I.

MONTGAT.—*D. Juan Guardia, de la Sociedad Astronómica de Barcelona.*—Grado IV. Algunos pescadores que dormían en las barcas varadas salieron de ellas asustados.

MONTMELÓ.—*D. José Estruch, maestro.*—Grado III. El ruido que precedió al temblor parecía venir del Montseny en dirección a Barcelona. Un vecino notó una réplica a las 23 h. 15 m.

MONTSERRAT.—*R. P. D. Caballé, O. S. B.*—Grado I.

PAPIOL.—*D. Constantino Castarlenas, maestro.*—Grado IV. Duración unos dos segundos. Ruido parecido a un trueno.

PINEDA.—*D. Emilio Genis Horta, maestro.*—Grado I. No sentido tampoco en tres kilómetros a la redonda.

PRAT DE LLOBREGAT. (Estación radiotelegráfica).—*D. F. Romero.*—Grado IV. Pequeña oscilación del piso en dirección de S. a N., acompañada de ligero ruido como si diera un fuerte viento en la puerta. Próximamente dos segundos más tarde, otra conmoción más fuerte que la anterior, tanto en ruido como en movimiento.

REUS —*D. Pablo Aymat, de la Escuela de Viticultura.*—Grado I. No sentido tampoco en Cambrils, Vinyols, Riudoms, Vilaseca ni Salou.

RUBÍ.—*D. Juan Bosch Cusí, director de las escuelas Ribas.*—Grado IV. Temblor precedido de un ruido semejante a una explosión subterránea. Los veci-

nos cercanos a la carretera comparan la trepidación a la que producen los camiones automóviles. En las casas con pozo notaron en él ruidos extraños. Algunos vecinos hablan de pequeñas réplicas a las veintidos horas y media y a las veintitrés y media, así como a la una y media y a las tres del día 24.

SABADELL.—*R. P. José Baburés Sch. P.*—Grado IV. La primera impresión fué como de una ráfaga de viento fuerte. Duración unos dos segundos. Referencias de Teyá dan para aquella población intensidad V.

S. ADRIÁN DE BESÓS.—*Sr Secretario del Ayuntamiento.*—Grado I?

S. ANDRÉS DE LLAVANERAS.—*D. J. R.*—Grado IV. Trepidación acompañada de un ruido semejante al de un automovil a toda marcha en dirección de poniente a levante.

S. CUGAT DEL VALLÉS.—*D. Bonfilio Garriga, médico.*—Grado IV. Ruido comparable al de un automovil que pasara por la carretera, seguido de oscilaciones de los objetos. Duración aproximada, de 10 a 20 segundos. Mejor percibidos los ruidos en la parte baja de la villa.

S. JUSTO DESVERN.—*D. Pedro Pascual, maestro.*—Grado III. Ruido parecido al de un trueno que fuera acercándose; a los pocos momentos ocurrió la trepidación. Duración, pocos segundos.

S. PEDRO DE CASTELLET.—*D. Juan Sunyer, párroco.*—Grado V. La trepidación fué precedida y seguida de un ruido subterráneo de escasísima duración.

S. PEDRO DE PREMIÁ.—*D. Ramón Bordas, maestro.*—Grado III. Sacudida acompañada de ruido.

S. QUINTIN DE MEDIONA.—*D. Alejandro Fortuny, médico.*—Grado II. No se percibieron ruidos, tal vez por soplar en aquel momento viento fresco del NW.

S. SADURNÍ DE NOYA.—*D. Pedro Marti, oficial de la Secretaria municipal.*—Grado III.

S. VICENTE DE LLAVANERAS.—*D. José Llobet, maestro.*—Grado IV-V. Ruido subterráneo como de una ventolera fuerte; trepidación que en el solar de las casas producía hormigueo en las plantas de los piés. Dirección aparente de E a W.

SANTA SUSANA.—*D.ª Marina Andrés, maestra.*—Grado I.

SANTA COLOMA DE GRAMANET.—*D. M. Miejimolle, secretario del Ayuntamiento.*—Grado III. Duración un segundo. No se sintieron ruidos subterráneos.

SITJES.—*D. José Soler Cartró.*—Grado V. La gente salió asustada a la calle. Duración 5 a 6 segundos. En los caseríos de Vallcarca, Campdasens y San Pedro de Ribas la intensidad fué casi la misma que en Sitges.

TARRASA.—*R. P. Antonio Bargalló, Sch. P.*—Grado IV. Corta duración, sin réplica. La máxima intensidad en Tarrasa fué en la parte baja, o sea la más cercana a Rubí.

TARRASA.—*D. J. M. Durán.*—Grado IV.

TARRASA.—*D. Angel Sallent y Gotés.*—Grado IV. Duración unos 15 a 20 segundos.

TIANA.—*D. Juan Garí, alcalde.*—Grado V. Dirección aparente de SE a NW. Duración unos 30 segundos. Principió por un ruido lejano como si se aproximara un trueno, después como si se viniera encima un carruaje desbocado, y por fin un ruido más fuerte con explosiones subterráneas secas y muy intensas.

TIANA.—*D. Antonio Ibars, maestro.*—Grado V. Ruido muy fuerte, como un trueno; oscilación muy marcada de la cama durante 5 o 6 segundos. Un cuadrito de la escuela cayó al suelo. Réplica muy ligera el día 24 a las 2 h.

VALLGORGUINA.—*D. Ramón Rius, maestro.*—Grado II.

VALLS.—*D. F. de A. Colom, secretario del Ayuntamiento.*—Grado II.

VILASAR DE MAR.—*D. Isidro Arenas, maestro.*—Grado IV-V. Duración superior a la de los últimos temblores percibidos en la localidad.

VILLANUEVA Y GELTRÚ.—*D. Sebastián Sansó Quetglas.*—Grado IV. Dirección aparente, NE a SW. Precedieron al temblor débiles ruidos subterráneos, que algunos comparan al del viento acompañado de lluvia, y otros al de pasos en los terrados. La sacudida duró cosa de 3 segundos y fué más perceptible en la parte NE. de la población. En Cubellas muy pocas personas notaron el fenómeno.

VILLANUEVA Y GELTRÚ.—*D. Jaime Martorell.*—Grado IV-V. Sacudida de unos 4 segundos de duración, como si algo hubiera caído en el terrado. El observador pudo notar después una grieta recientemente formada en un tabique y en el pavimento de su casa.

PRESENTADO

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 28

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

RESULTADOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO GENERAL ESTEREOSCÓPICO DE LAS CORRIENTES ESTELARES

1.ª NOTA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. JOSÉ COMAS SOLÁ

Publicada en marzo de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 28

BRITISH MUSEUM
NATURAL

RESULTADOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO GENERAL ESTEREOSCÓPICO DE LAS CORRIENTES ESTELARES

1.ª NOTA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. JOSÉ COMAS SOLÁ

Publicada en marzo de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

RESULTADOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO GENERAL ESTEREOSCÓPICO DE LAS CORRIENTES ESTELARES

1.ª Nota

por el académico numerario

D. José Comas Solá

Sesión del día 19 de diciembre de 1917

I

El estudio del movimiento propio de las estrellas constituye, dentro de la Astronomía moderna, un trabajo fundamental e indispensable, ya que sólo por el conocimiento de esos movimientos podremos alcanzar una idea completa de la mecánica del Universo, considerado como una unidad cósmica y aislada en el espacio infinito.

No haré historia de los esfuerzos que han hecho los astrónomos para alcanzar ese trascendental *desideratum*. Sólo diré que esas investigaciones son relativamente muy modernas, ya que hasta el siglo XVIII no dejan de ostentar las estrellas el clásico nombre de *Fijas*. Halley, por una parte, y Jaime Cassini, por otra, fueron los primeros que establecieron la existencia de los movimientos propios de las estrellas, puntos de vista que fueron confirmados luego por Tobías Mayer, Maskelyne y Lalande. Pero los conocimientos algo precisos de esos movimientos no empiezan hasta mediados del siglo XIX, gracias a los trabajos de W. Struve (1852), H. Mädler (1857) y F. Argelander (1869).

Los procedimientos seguidos por los astrónomos contemporáneos, tales como Boss, Eddington, Kapteyn, Schwarzschild y otros, son los mismos que emplearon los astrónomos del siglo XIX, y por esta causa es conveniente decir algo sobre ellos, tanto más cuanto las discrepancias que se observan entre mis resultados y los de los citados astrónomos se deben a las diferencias de procedimientos empleados.

Es evidente que para obtener los movimientos propios de las estrellas hay que referirlos a tres ejes fundamentales fijos. En realidad, aquí la palabra fijo no tiene sentido, pues no contando con puntos de referencia exteriores a nuestro Universo, no es ya definible ni la velocidad ni el reposo. Lo único que queremos decir cuando hablamos de ejes fijos, es que este sistema de ejes no está dotado de ningún movimiento de rotación. No existiendo rotación, podemos atribuir a cualquier sistema mecánico situado en el espacio absoluto, sin puntos de referencia exteriores, un movimiento de traslación arbitrario, sin que se modifiquen en lo más mínimo las consecuencias físicas del sistema, de acuerdo con el primer postulado de la Relatividad, enunciado por Einstein. Hago estas consideraciones no sólo

por ser muy importantes, sino porque no las he visto en ninguna de las publicaciones en que se trata del movimiento propio de las estrellas.

Ahora bien, en los procedimientos clásicos se ha tomado por plano fundamental de las $x\ y$ una eclíptica, llamada fija. Además, el eje de las x, por ejemplo, debe tener una dirección también fija, pues de lo contrario el sistema de ejes estaría dotado de un movimiento de rotación. Para obtener esa dirección fija se toma la posición que en un momento determinado ocupa la intersección del plano ecuatorial con el de la eclíptica. Es preciso, por lo tanto, reducir las posiciones meridianas aparentes de las estrellas a una posición media y única para todas las comparaciones de posición de una misma estrella. Será indispensable, pues, corregir las posiciones aparentes, suministradas directamente por las observaciones meridianas, de los efectos de aberración, de nutación y de precesión, y obtener las posiciones de todas las estrellas objetos de estudio referidas a una misma época o a un mismo equinoccio medio. Una vez obtenidos en esta forma diversos valores de $\Delta\ \alpha$ y de $\Delta\ \delta$ para cada estrella, deberá aplicarse el cálculo de probalidades a la determinación de los valores que más se acerquen a la verdad, y, al propio tiempo, a calcular el error probable, para dar idea del grado de exactitud de cada movimiento propio obtenido. En fin, calcularemos el movimiento propio total por la sencilla fórmula $\Delta\ s = \sqrt{\Delta\ \alpha^2\ cos^2\ \delta - \Delta\ \delta^2}$; y el ángulo del movimiento por esta otra : $tg\ p = \frac{\Delta\ \alpha}{\Delta\ \delta} cos\ \delta$, contando los ángulos de 0° á 360°, a partir del Norte y pasando por el Este.

Fijémonos unos momentos en la verdadera significación de un plano fijo en el espacio. Si no existiesen o no viésemos las estrellas y sólo debiésemos fundarnos en la observación, no conoceríamos la precesión de los equinoccios. En efecto, nuestros puntos primeros de referencia no podrán ser otros que nuestra Tierra, supuesta rigurosamente rígida, y el Sol. La posición de la eclíptica estaría referida al plano ecuatorial terrestre y el punto origen que tomaríamos en la esfera celeste sería una de las intersecciones de ambos círculos, determinada *exclusivamente* por observaciones de distancias zenitales del Sol, es decir, por la sola observación de los puntos equinocciales. En cuanto al movimiento retrógrado de dichos puntos o a la precesión de los equinoccios, no sabríamos nada, a menos de que la teoría mecánica nos hubiese ilustrado sobre el particular fundándose en el abultamiento ecuatorial de la Tierra.

Ahora bien, supongamos que teóricamente conocemos la existencia de la precesión, como realmente ocurre. Pues bien, aun así, es indispensable la observación de puntos exteriores muy lejanos y fijos (las estrellas) para determinar el valor exacto de la constante de dicha precesión. Así vemos, por ejemplo, que Bradley efectuó centenares de observaciones de diferencias de ascensión recta entre el Sol y algunas estrellas brillantes. Estas observaciones de Bradley, revisadas y reducidas modernamente por Auwers, nos han proporcionado los valores corrientes de la constante de la precesión. Por estos valores y por otros

valores teóricos y de observación, pero periódicos, tales como la nutación y la oblicuidad de la eclíplica, determinamos la posición de una eclíptica y de un ecuador para una época determinada, y a estos planos referimos los movimientos de todos los astros, incluyendo las estrellas.

Pero fijémonos en que en todas estas consideraciones hay un vicio de origen. En efecto, vamos a determinar movimientos de estrellas, refiriéndolas a planos cuya posición depende del movimiento de esas mismas estrellas. Por esta razón, ya Newcomb señaló graves dificultades en el cálculo de la constante de la precesión; y en nuestros días, MM. Houg y Halm han creído poder demostrar que estas dificultades desaparecen en parte, introduciendo el concepto de la doble corriente general de estrellas establecido por Kapteyn y Eddington. Pero aun cuando así se hayan retocado favorablemente los cálculos, distan mucho de ser estas consideraciones convincentes, pues pecan del vicio de origen señalado más arriba. El propio Lewis Boss, autor del famoso Catálogo de que se han servido los astrónomos que más se han dedicado a esta clase de investigaciones, pone en duda la realidad de la doble corriente general de estrellas.

Es evidente que, si nosotros queremos establecer ejes coordenados fijos e independientes de los movimientos propios de las estrellas, debemos referirlos a puntos situados infinitamente lejos, para los cuales ni los efectos paralácticos, ni sus movimientos propios, influyan en lo más mínimo en sus posiciones. Pero esto, con todo rigor, es imposible lograrlo. Afortunadamente, como ocurre con tanta frecuencia en Astronomía, si no podemos resolver un problema con exactitud rigurosa, podemos hallar una solución acercándonos muchísimo a la verdad. En efecto; en vez de tomar como puntos de referencia algunas pocas estrellas brillantes, que por el hecho de ser brillantes están con frecuencia más cerca de la Tierra y al propio tiempo dotadas de movimientos propios más rápidos, vamos a apoyarnos en una cantidad inmensa de estrellas pequeñísimas, con lo que lograremos, aparte de la supresión de los grandes movimientos, una cierta compensación entre los pequeños movimientos residuales. Pero este trabajo no puede llevarse a cabo con las observaciones diferenciales micrométricas, pues ni la iluminación de campo o de hilos permite efectuar buenas observaciones de estrellas de 13ª, 14ª y más bajas magnitudes, ni docenas de generaciones de astrónomos bastarían para observar con la debida precisión los millones de estrellas grandes y pequeñas que se requerirían en ese formidable trabajo.

Afortunadamente, me cabe el honor de haber introducido un nuevo procedimiento de observación en esta clase de investigaciones. Me refiero a la observación estereoscópica de fotografías estelares separadas por un intervalo suficiente de tiempo. Este intervalo ha variado en mis observaciones desde 2 años a 5 y 6 años.

No insistiré en este prodigioso procedimiento de estudio, pues me ha cabido la satisfacción de desarrollarlo cumplidamente en las publicaciones de nuestra Academia. Solamente, indicaré el método general seguido por mí, valiéndome

del estereogoniómetro, para llegar rápidamente, con una facilidad que jamás se hubiera imaginado, a los resultados apetecidos.

Para comprender el método que he seguido, supongamos dos fotografías estelares de una misma región del cielo y con la misma estrella central sobre la placa, separadas por un cierto intervalo de tiempo. Colocadas correctamente ambas fotografías en el estereogoniómetro, y admitiendo que las dos tienen la misma intensidad fotográfica, notaremos en la inmensa mayoría de los casos, y con toda evidencia, que existe una cierta posición en la que la casi totalidad de las estrellas del campo parecen situadas en un mismo plano. Leamos la graduación del aparato y hagamos girar alrededor de su centro y simultáneamente las dos fotografías. Bastará, en general, un giro de un número de grados no considerable para que veamos que el campo estrellado adquiere un cierto *espesor,* colocándose, por ejemplo, las estrellas brillantes por encima de las inmediatamente menos brillantes. Continuando el giro en el mismo sentido, el espesor va acentuándose y adquiere un máximo de profundidad, en que las estrellas brillantes parecen flotar en el espacio sobre las pequeñas, a unos 90° de distancia angular de la primera posición. Pero es muy difícil precisar, como es sabido, una posición de máximo o de mínimo; así es que continuaremos girando en el mismo sentido hasta que alcancemos otra posición en que otra vez nos parezca que se reduce sensiblemente a un plano todo el campo estrellado. Si hacemos la lectura en el círculo graduado correspondiente a esta nueva posición, encontraremos que dista angular y aproximadamente de la primera unos 180°. Es evidente que la dirección de la bisetriz de este ángulo corresponde al máximo espesor. Pero podemos continuar todavía nuestro giro; y entonces observaremos que se reproducen los mismos fenómenos anteriores, pero en sentido inverso, es decir, que las estrellas brillantes se van hundiendo respecto de las menores, alcanzando el máximo espesor negativo a unos 180° del máximo espesor positivo. En fin, si continuamos todavía el movimiento, terminaremos el ciclo, alcanzando la posición inicial, en que todas las estrellas parecían estar situadas en un mismo plano. Se producirían exactamente los mismos fenómenos, pero en sentido contrario, si trocáramos las posiciones de ambas fotografías; esto es, si la fotografía de la izquierda la trasladáramos a la derecha y vice-versa.

En la práctica, es claro que no se presenta esta exactitud teórica, pues difícilmente o nunca se da el caso de que todas las estrellas a la vez estén en un mismo plano en una orientación determinada. El caso que ocurre casi siempre es que la *inmensa mayoría* de las estrellas ofrece esta disposición en dos posiciones determinadas y no muy separadas de 180°. En este caso práctico, se aprecia por estima el *mínimo general de espesor* del campo estrellado. Y esta estima, que a primera vista parece que tiene que ser muy vaga, presenta por lo común, para una misma region del cielo, discrepancias de pocos grados en la apreciación de la *dirección media del máximo e. pesor.* Esta dirección es la que buscamos, y nada tan fácil entonces como referirla a la dirección de dos estrellas brillantes del mismo

campo, dirección que determinaremos, bien calculándola en función de las coordenadas ecuatoriales de ambos, bien, lo que es más fácil, refiriéndola a la orientación automática de los clisés, obtenidos sobre un instrumento montado ecuatorialmente. Cuando se observan estos aspectos, que son generales, podemos asegurar que en el campo estudiado hay una corriente estelar y podemos determinar, como queda dicho, su dirección, y aun tener idea muy aproximada del valor del movimiento propio anual de las estrellas de que se trate con los procedimientos que he expuesto en otras publicaciones de esta Academia.

Tales resultados son ya sumamente interesantes. En efecto; no ha transcurrido gran número de años desde que se hablaba, como de algo extraordinario, de que las componentes de una estrella doble muy separadas tuvieran un movimiento propio común, o bien que grupos estelares, como las Pléyadas o las Hiadas, ofreciésen una evidente comunidad en sus movimientos. Hoy, podemos asegurar que lo raro es lo contrario; es decir, que no existen en el cielo estrellas con movimiento propio independiente de los demás.

Para terminar este primer punto de mi trabajo, haré notar que, además de mi procedimiento estereoscópico, actualmente se está llevando a la práctica otro procedimiento cuyos fines son los mismos y que ofrece algún parentesco con el mio. Me refiero al empleo del *blinckmicroscope,* empleado por Mr. Innes, en el Observatorio de Johannesburg; pero en las notables circulares que recibo de este Observatorio veo que, en primer lugar, la sensibilidad del *blikmicroscope* es considerablemente inferior a la de la estereoscopía; que el procedimiento es muy laborioso; y que, en fin, no se ha sacado con él, hasta ahora, que yo sepa, ninguna conclusión preliminar, por falta todavía de elementos de observación.

En fin, la aplicación del procedimiento de Doppler para la determinación de las velocidades radiales constituye el indispensable complemento de las observaciones de la velocidad transversal. No obstante, en los momentos presentes, no es posible llevar todavía tan elegante método al estudio de las velocidades de estrellas de magnitudes algo bajas; por manera, que en las consideraciones que siguen no pueden tener validez todavía los resultados, relativamente muy escasos en número, que se han obtenido con él, a pesar de los notables trabajos que fueron iniciados ya por Köwesligety.

II

Ocupémonos en el procedimiento operatorio y en los resultados obtenidos con la estereoscopía. En primer lugar, debo advertir que siendo las placas utilizadas de 18×24 cm y el diámetro del campo estereoscópico de 54 mm, no puede examinarse de una vez todo el clisé y que, por consiguiente, hay que dividirlo en par-

celas. Estas parcelas son circulares, y según queda dicho, son de 54 mm de diámetro. Ahora bien, teniendo en cuenta que para el objetivo empleado, que es un Petzval de 16cm de diámetro y 80cm de distancia focal, a un milímetro sobre el plano focal principal le corresponde un valor angular de 3,'935;' resulta que el diámetro angular de cada parcela es de 3° 32′. Estas parcelas están tomadas de preferencia hacia al centro del clisé, al objeto de que las imágenes sean las mejores y lo más comparable posible. Excepto en un caso, las exposiciones no son nunca inferiores a 20 m; las hay de 1 h y de aun más. Así es que, aun cuando se hagan las observaciones sobre papel sensible (cierto número ha sido reproducido sobre cristal, encontrándose los mismos resultados que sobre papel), son perceptibles, en general, las estrellas hasta la 13ª magnitud.

Las regiones que mejor se prestan a la observación estereoscópica son las muy pobladas, condición que se ha cumplido en la mayoría de mis clisés, por comprender muchos de ellos regiones de la Via Láctea. Sin embargo, aun en regiones pobres se pone muchas veces de manifiesto la evidencia de una corriente general estelar. Como mis primeros trabajos sobre estereoscopía datan de mediados de 1915, he contado con pocos clisés para hacer comparaciones estereoscópicas con intervalos de más de dos años. Afortunadamente, una docena de clisés antiguos, obtenidos en 1911 y 1912, con el propósito de ensayar el objetivo empleado en estas investigaciones, me ha permitido obtener una serie de comparaciones que, si aun distan mucho de ser completas, nos permiten, desde luego, establecer algunas conclusiones definitivas y otras provisionales.

Los efectos posibles de paralaje anual son sensiblemente nulos, por cuanto los clisés están separados por un número exacto de años o con diferencias de pocos días.

Siguen a continuación los datos referentes a cada parcela y los resultados obtenidos en todas ellas, con los correspondientes comentarios.

ANDRÓMEDA

1911—1917

Parcela A.—Centro: $\alpha = 1^h\,3^m$; $\delta = +\,37°\,57'$.

Es evidente una dirección dominante en las principales estrellas brillantes; pero hay algunas agrupaciones que siguen, aproximadamente, un movimiento en sentido contrario al primero. Elevaciones bastante notables en la primera corriente (del orden de 0,''5 anual). Ángulo de la dirección dominante = 265°.

Parcela B.—Centro: $\alpha = 1^h\,3^m$; $\delta = +\,41°\,29'$.

Corriente fuertemente marcada. Elevaciones regulares. Ángulo = 245°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 0^h\,44^m$; $\delta = +\,41°\,49'$.

Corriente evidente. Elevaciones regulares. Ángulo = 230°.

Parcela D.—Centro: $\alpha = 0^h 43^m$; $\delta = +38^\circ 21'$.

Corriente evidente. Elevaciones regulares. Ángulo = 295°.

Parcela F.—Centro: $\alpha = 0^h 28^m$; $\delta = +40^\circ 6'$.

Corriente evidente, pero con algunas excepciones. Elevaciones medianas. Ángulo = 265°.

Excepto en algunas escasas agrupaciones, la corriente es evidente en estos clisés. Dirección media de las parcelas = 260°. Estos clisés contienen la gran nebulosa elíptica, que no sigue el movimiento de la corriente.

TORO (con las PLÉYADAS en el centro)

1912—1917

Parcela A.—Centro: $\alpha = 3^h 33^m$; $\delta = +28^\circ 11'$.

Corriente segura, pero débiles elevaciones. Ángulo = 276°.

Parcela B.—Centro: $\alpha = 3^h 43^m$; $\delta = +21^\circ 43'$.

Corriente evidente. Elevaciones regulares. Ángulo = 230°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 3^h 29^m$; $\delta = +21^\circ 39'$.

Corriente regular. Medianas elevaciones. Angulo = 265°.

Parcela D.—Centro: $\alpha = 3^h 44^m$; $\delta = +25^\circ 7'$.

Esta parcela contiene las Pléyadas. Corriente evidente, de la que forman parte las Pléyadas con movimiento común, aun cuando se manifiestan algunos movimientos propios dentro de este grupo estelar. Relieves regulares. Ángulo = 273°.

Parcela E.—Centro: $\alpha = 3^h 51^m$; $\delta = +21^\circ 31'$.

Corriente indefinida. Efecto de refracción atmosférica sobre las imágenes. Al resultado no se le puede atribuir ningún peso. Pocas estrellas con relieves. Ángulo = 120° ±.

Parcela F.—Centro: $\alpha = 4^h 0^m$; $\delta = +25^\circ 3'$.

Corriente dudosa y compenetrada. Muy pocos relieves, y éstos medianos. Resultado sin peso apreciable. Ángulo = 90° ±.

Parcela G.—Centro: $\alpha = 3^h 51^m$; $\delta = +27^\circ 41'$

Corriente poco segura. Débiles relieves. Muy débil peso. Ángulo = 12° ±.

Exceptuando el grupo de las Pléyadas, esta región celeste es muy pobre en estrellas. Omitiendo las parcelas E, F y G, resulta, como media general de las restantes parcelas, el siguiente valor: 261°.

ORIÓN, la LIEBRE y el ERIDANO

1912 — 1917

Parcela A.—Centro: $\alpha = 5^h\ 26^m$; $\delta = -\ 10^\circ\ 18'$.

Corriente bastante evidente. Elevaciones regulares. Ángulo = 314°.

Parcela B.—Centro: $\alpha = 5^h\ 21^m$; $\delta = -\ 7^\circ\ 10'$.

Corriente evidente. Elevaciones regulares. Ángulo = 322°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 5^h\ 9^m$; $\delta = -\ 8^\circ\ 10'$.

Corriente evidente. Comprende Rigel, que sigue la corriente, pero su movimiento es débil. Elevaciones bastante regulares. Ángulo = 333°.

Parcela D.—Centro: $\alpha = 5^h\ 26^m$; $\delta = -\ 10^\circ\ 46'$.

Corriente de gran evidencia. Elevaciones considerables. Ángulo = 300°.

Parcela E.—Centro: $\alpha = 5^h\ 9^m$; $\delta = -\ 11^\circ\ 38'$.

Corriente evidentísima. Grandes elevaciones. Ángulo = 310°.

Parcela F. Centro: $\alpha = 5^h\ 27^m$; $\delta = -\ 13^\circ\ 30'$.

Corriente evidente. Regulares elevaciones. Ángulo = 344°.

Parcela G.—Centro: $\alpha = 5^h\ 20^m$; $\delta = 14^\circ\ 26'$.

Corriente medianamente evidente. Relieves regulares. Ángulo = 6°.

Los clisés comparados son excelentes y las estrellas bastante abundantes. Según se vé, la concordancia es considerable entre las parcelas. Media general de las mismas = 327°.

ORIÓN

1912—1913

Parcela A.—Centro: $\alpha = 5^h\ 45^m$; $\delta = -\ 1^\circ\ 38'$.

Corriente evidente. Grandes elevaciones. Cerca del borde de la placa. Ángulo = 144°.

Parcela B.—Centro: $\alpha = 5^h\ 31^m$; $\delta = -\ 1^\circ\ 38'$.

Corriente evidente. Grandes relieves. Es notable la estrella σ, que se mueve en el sentido de la corriente de una cantidad anual del orden de 0,″8. Una pequeña estrella doble, tipo 61 del Cisne y muy cerca de aquella, participa de un movimiento parecido. Ángulo = 75°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 5^h\ 18^m$; $\delta = -\ 1^\circ\ 46'$.

Corriente evidente. Regulares relieves. Cerca del borde. Angulo = 91°,

Parcela D.—Centro: $\alpha = 5^h\ 44^m$; $\delta = -\ 5^\circ\ 26'$.

Corriente evidente. Regulares relieves. Cerca del borde. Ángulo = 109°.

Parcela E.—Centro: $\alpha = 5^h\ 31^m$; $\delta = -\ 5^\circ\ 18'$.

Esta parcela contiene la gran nebulosa, cuyos movimientos, apreciados estereoscópicamente, han sido ya tratados en otras publicaciones de la Academia. Corriente evidente. Fuertes relieves. Ángulo = 105°.

Parcela F.—Centro. $\alpha = 5^h\ 18^m$; $\delta = -\ 5^\circ\ 18'$.

Corriente regular. Medianas elevaciones. Cerca del borde. Esta parcela contiene un segmento que coje aproximadamente la mitad del campo, y que sigue una dirección muy distinta de la otra mitad. Ángulo de la 1.ª corriente = 115°; ángulo de la 2.ª corriente = 360°.

Parcela G.—Centro: $\alpha = 5^h\ 38^m$; $\delta = -\ 8^\circ\ 58'$.

Corriente evidente. Regulares relieves. Cerca del borde. Ángulo = 140°.

Parcela H.—Centro: $\alpha = 5^h\ 23^m$; $\delta = -\ 7^\circ\ 58'$.

Corriente regular. Pequeños relieves. Cerca del borde de la placa. Ángulo = 128°.

Estas parcelas son importantísimas por presentar una dirección de corriente, y con grandes relieves, distinta de todas las demás. Más adelante, se insistirá sobre esta cuestión. Sin embargo, en la parcela F, ya aparecen manifestaciones de la corriente general.

Media general de todas estas parcelas, excluyendo la segunda corriente de la parcela F, = 113°.

EL PERRO MAYOR, CONTENIENDO SIRIO

1913—1916

Parcela A.—Centro: $\alpha = 6^h\ 40^m$; $\delta = -\ 18^\circ\ 16'$.

Corriente regularmente evidente. Ángulo = 335°.

Parcela B.—Centro: $\alpha = 6^h\ 44^m$; $\delta = -\ 21^\circ\ 48'$.

Centro de la placa. Corriente regularmente evidente. Esta parcela comprende el conglomerado estelar M. 41, que desde el punto de movimientos internos es el más notable que he observado hasta ahora. No presenta propiamente un movimiento común, pero sus considerables movimientos internos siguen la corriente general de esta región. Ángulo de dirección = 255°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 6^h\ 49^m$; $\delta = -\ 24^\circ\ 56'$.

Corriente poco evidente. Relieves muy escasos. Ángulo = 346°.

Parcela D.—Centro: $\alpha = 6^h\,59^m$; $\delta = -\,20^\circ\,39'$.

Corriente evidente, pero hay compenetraciones. Relieves muy escasos. Ángulo = 15.°.

Parcela E.—Centro: $\alpha = 6^h\,28^m$; $\delta = -\,22^\circ\,56'$.

Corriente bastante evidente. En la dirección de la corriente, hay algunas estrellas fuertemente en relieve. Ángulo = 238°.

Conforme se vé, estas parcelas son muy discrepantes. Tales discrepancias pueden ser atribuídas, aparte de errores de observación y de que los clisés examinados son pobres de estrellas, a la perturbación que posiblemente pudiera causar un residuo todavía existente en el Perro Mayor de la corriente anómala señalada en los alrededores del Cinturón y de la nebulosa de Orión. La bruma fotográfica que rodea Sirio impide observar el movimiento de esta estrella. Ángulo medio = 310°.

LOS GEMELOS

1912—1917

Parcela A.—Centro: $\alpha = 7^h\,12^m$; $\delta = +\,32^\circ\,24'$.

Corriente medianamente evidente. Regulares elevaciones. Hay un cúmulo que no participa del movimiento de la corriente. En conjunto, poco peso; cerca del borde de la placa. Ángulo = 22°.

Parcela B.—Centro: $\alpha = 6^h\,55^m$; $\delta = -\,+\,29^\circ\,52'$.

Corriente evidente; bastante peso. Algunas elevaciones regulares. Ángulo = 238°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 6^h\,57^m$; $\delta = +\,35^\circ\,24'$.

Poco evidente. Escasos relieves. Ángulo = 307°.

Parcela D.—Centro : $\alpha = 6^h\,45^m$; $\delta = +\,32^\circ\,44'$.

Corriente algo incierta. Elevaciones muy débiles. Centro de la placa. Angulo = 210°.

Parcela E.—Centro: $\alpha = 6^h\,27^m$; $\delta = +\,32^\circ\,4'$.

Corriente poco evidente. Relieves débiles. Peso regular. Ángulo = 260°.

Parcela F.—Centro: $\alpha = 6^h\,38^m$; $\delta = +\,29^\circ\,12'$.

Corriente poco evidente. Relieves regulares. Peso regular. Ángulo = 240°.

Parcela G.—Centro: $\alpha = 6^h\,19^m$; $\delta = +\,28^\circ\,52'$.

Corriente muy poco evidente. Relieves débiles. Borde de la placa; poco peso. Ángulo = 86°.

Estas parcelas, según se vé, son muy discrepantes, pudiendo atribuirse la causa a que las estrellas de los clisés son relativamente escasas y en general de bajas magnitudes, o mejor, quizás, a rastros todavía de la corriente anómala de Orión. Tomando la media de B, C, D, E y F, resulta como ángulo : 251°.

OSA MAYOR

1912—1917

Parcela A.—Centro: $\alpha = 7^h\,42^m$; $\delta = +\,68^\circ\,6'$.
Corriente muy poco evidente. Relieves débiles. Ángulo 300°.

Parcela B. – Centro: $\alpha = 7^h\,7^m$; $\delta = +\,67^\circ\,54'$.
Corriente bastante evidente. Relieves regulares. Ángulo 265°.

Los clisés contienen relativamente pocas estrellas y de débiles magnitudes. Aun cuando el resultado de la parcela A es muy poco concluyente, parece lícito adoptar para esta región la media = 282°.

SAGITARIO

1912—1917

Parcela A.—Centro: $\alpha = 18^h\,4^m$; $\delta = -\,26^\circ\,22'$.
Corriente evidente. Fuertes elevaciones. Ángulo = 317°.

Parcela B.—Centro: $\alpha = 17^h\,52^m$; $\delta = -\,23^\circ\,30'$.
Corriente evidente. Fuertes elevaciones. Ángulo = 283°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 17^h\,47^m$; $\delta = -\,27^\circ\,54'$.
Corriente evidente. Fuertes elevaciones. Ángulo = 278°.

Parcela D.—Centro: $\alpha = 18^h\,6^m$; $\delta = -\,22^\circ\,54'$.
Corriente evidente. Fuertes elevaciones. Ángulo = 290°.

Estas parcelas presentan una corriente con toda evidencia. Las máximas elevaciones son del orden de 0,"8 por año. El cúmulo M. 8 y la nebulosa M. 20 no participan del movimiento común; es decir, están en el plano de fondo. Ángulo = 294°.

ANTINOO

1912—1917

Parcela A.—Centro: $\alpha = 18^h\ 55^m$; $\delta = -\,3^\circ\,48'$
Corriente evidente. Elevaciones regulares. Ángulo = 320°.

Parcela B.—Centro: $\alpha = 18^h\,39^m$; $\delta = -\,5^\circ\,13'$.
Corriente evidente. Elevaciones regulares. Ángulo = 280°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 18^h\,45^m$; $\delta = -7^\circ\,13'$.

Corriente evidente. Elevaciones regulares. Ángulo = 295°.

Parcela D.—Centro: $\alpha = 18^h\,31^m$; $\delta = -9^\circ\,5'$.

Corriente evidente. Elevaciones regulares. Ángulo = 296°.

En estos clisés, muy poblados de estrellas, la corriente es evidente en su totalidad, aun cuando las elevaciones son por lo general medianas o débiles. Estos resultados están conformes, por lo demás, con los resultados de la comparación de otros clisés obtenidos en 1915 y 1916. El conglomerado M. 11 que figura en el centro de los clisés no presenta ningún movimiento propio común ni tampoco en sus componentes, exceptuando alguna que otra estrella y en especial una estrella doble pequeña, tipo de la 61 del Cisne y de 10ª magnitud. Estas pocas estrellas con relieve no forman seguramente sistema con el conglomerado M. 11. La media general de estas cinco parcelas es de 298°.

CISNE

1912—1917

Parcela A.—Centro: $\alpha = 21^h\,17^m$; $\delta = +28^\circ\,56'$.

Corriente poco evidente. Ángulo = $21^h\,1^m$; Ángulo = 281°.

Parcela B.—Centro $\alpha = 21^h\,1^m$; $\delta = +29^\circ\,0'$.

Corriente muy evidente. Ángulo = 224°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 20^h\,42^m$; $\delta = +28^\circ\,52'$.

Corriente, aun cuando dudosa, es casi segura. Ángulo = 328°.

Parcela D.—Centro: $\alpha = 21^h\,17^m$; $\delta = +32^\circ\,36'$.

Corriente poco evidente. Ángulo = 317°.

Parcela E.—Centro: $\alpha = 21^h\,0^m$; $\delta = +32^\circ\,40'$.

Corriente evidente. Ángulo = 247°.

Parcela F.—Centro: $\alpha = 20^h\,41^m$; $\delta = +32^\circ\,36'$.

Corriente evidente. Ángulo = 297°.

Campo sumamente estrellado. Aunque los resultados están influídos indudablemente por corrientes locales, que no se diferencían mucho de la principal ó general, no hay ninguna duda de la existencia de esta última corriente.

Media de todas las parcelas = 282°.

CISNE

1915 — 1917

Parcela A.—Centro: $\alpha = 21^h\,19^m$; $\delta = +36^\circ\,20'$.

Corriente evidente. Relieves regulares. Ángulo = 217°.

Parcela B.—Centro: $\alpha = 21^h\,4^m$; $\delta = +\,35^\circ\,0'$.

Corriente evidente. Aparecen algunos grandes relieves, entre ellos una estrella de 7.ª magnitud con movimiento notable, del orden de 1'' 5, anuales. Ángulo = 204°.

Parcela C.—Centro: $\alpha = 20^h\,48^m$; $\delta = +\,36^\circ\,40'$.

Corriente medianamente evidente. Relieves regulares. Algunos de ellos son, sin embargo, fuertes. Ángulo = 251°.

Parcela D.—Centro: $\alpha = 20^h\,48^m$; $\delta = +\,40^\circ\,36'$.

Corriente poco evidente, pero segura. Relieves medianos. Ángulo = 182°.

Parcela E.—Centro: $\alpha = 21^h\,7^m$; $\delta = +\,38^\circ\,32'$.

Región de la estrella 61. Corriente evidente. Relieves regulares.

Esta región, observada sobre cristal da como ángulo = 232°, y sobre papel = 214°. Ángulo medio = 223°. La estrella 61 sigue un movimiento casi opuesto al de la corriente.

Parcela F.—Centro: $\alpha = 21^h\,17^m$; $\delta = +\,39^\circ\,40'$.

Corriente evidente. Relieves fuertes. Es notable la estrella σ, que sigue la corriente, con un movimiento anual del orden de 1'', 5. Ángulo = 216°.

Parcela G.—Centro: $\alpha = 21^h\,4^m$; $\delta = +\,41^\circ\,44'$.

Medianamente evidente. Relieves poco fuertes. Alguno notable. Imágenes poco comparables por diferencia en la intensidad fotográfica. Ángulo = 221°.

Parcela H.—Centro: $\alpha = 21^h\,20^m$; $\delta = +\,43^\circ\,20'$.

Muy poco peso. Corriente muy poco evidente. Rincón de la placa. Pocos relieves; uno, notable, del orden de 1'' anual. Ángulo = 258°.

Región considerablemente poblada de estrellas. La corriente general es evidente por completo. Media de todas las parcelas = 282°.

Debo advertir que en la determinación de la dirección media de todas las parcelas siempre he desconocido, en principio, la orientación de cada una de ellas; de suerte, que los valores de los ángulos han sido calculados siempre *a posteriori*. Queda, pues, completamente descartada la influencia que pudiera tener el conocimiento previo de dichas direcciones.

Hagamos una pequeña estadística de los resultados obtenidos. Para ello agruparé las parcelas de corriente evidente; las de corriente poco evidente y las de corriente muy dudosa.

Parcelas de corriente evidente.—Direcciones: 320, 280, 295, 296, 245, 230, 295, 265, 276, 230, 273, 314, 322, 333, 300, 310, 344, 366, 144, 75, 91, 109, 105, 140, 238, 238, 307, 265, 317, 283, 278, 290, 224, 247, 297, 217, 204, 251, 223, 216. Total = 34. Máximo = 366°; minimo, 204°, descontando los seis valores del grupo de Orión.

Parcelas de corriente poco evidente.—265, 265, 128, 335, 255, 346, 15, 22, 210, 260, 240, 86, 300, 281, 328, 317, 182, 221, 258. Total = 19.

Parcelas de corriente muy dudosa. — 90° ±, 12°±, (115° y 360°). Total = 3.

De esta estadística resultan las siguientes conclusiones: 1.ª Para una considerable mayoría $\left(\frac{2}{3}\right)$ de parcelas, la existencia de una corriente estelar es absolutamente evidente; 2.ª Descontando el grupo de Orión, que se refiere a una sola región del Cielo, todas las demás parcelas de corriente evidente, en número de 34, corresponen a direcciones comprendidas dentro de un sector de 162°; 3.ª De las 19 parcelas de corriente poco evidente, 14 corresponden a una dirección comprendida dentro del mismo sector; 4.ª De las tres parcelas muy dudosas, a una le corresponde, por mitad, una dirección comprendida también dentro del mismo sector.

No es necesario aplicar el cálculo de probabilidades para tener el convencimiento de que tal concordancia es incompatible con las ilusiones y con toda clase de perturbaciones imaginables de caracter material, por lo que se refiere a las parcelas aisladamente. Sólo podría objetarse que tales parcelas van repartidas en un número inferior de clisés, y que pudiera influir, sobre la totalidad de cada clisé, errores o desigualdades del aparato de relojería del pie ecuatorial. Desde este punto de vista, y descontando el grupo de Orion, intervienen en mis comparaciones estereoscópicas, más de 14 combinaciones binarias de clisés distintos. Aun suponiendo que el sector comprendido por las direcciones de las corrientes alcance 180°, podemos apostar uno contra bastante más de 8000, que tales resultados no se deben a errores instrumentales. Como la realidad de los resultados estereoscópicos ha sido comprobada infinidad de veces en otras fotografías astronómicas, bien podemos decir, con absoluta seguridad, que existe, por lo menos, una corriente inmensa de estrellas, que abarca más de 12 horas en ascensión recta y más de 100° en declinación. Claro que quedan muchos intersticios entre las regiones estudiadas, pero por las lógicas leyes de la continuidad y de las probabilidades cabe también asegurar que, por lo general, las corrientes, dentro de las regiones inexploradas y comprendidas dentro de las conocidas, seguirán, con pequeñas variantes, la dirección de las demás. En este caso, podríamos apostar 1 contra 70000 que existe dentro de los límites de las regiones exploradas una corriente general de estrellas cuya dirección es aproximadamente de E. a W. Estas direcciones no revelan, hasta ahora, ninguna ley precisa que relacione la posición de la región con la dirección de la corriente respectiva, por manera que, como primera aproximación, debemos admitir que más de medio cielo en ascensión recta, con una amplitud de unos 100° en declinación, está dotado de una rotación general alrededor de la Tierra.

Sólo el grupo de Orión hace excepción a esta ley, y quizás alguna otra reducida región de las exploradas. Refiriéndome al grupo de Orión, cuya especial corriente es completamente segura, no hay duda de que se trata de un movimiento local de estrellas muy diferente del general, ya sea porque esas estrellas estén dotadas de movimientos en sentido inverso a los de la corriente general, ya sea porque estén por lo menos tan lejos como las menores estrellas de la Vía Láctea

y que constituyen el plano de fondo. Parece de momento más acertada la primera hipótesis y con mayor motivo considerando que precisamente la mayoría de las estrellas de la constelación de Orión presenta un aspecto singular, cuya característica es la presencia del helio, como si estos astros constituyeran ya, desde su origen, una formación aparte respecto de la mayoría de las estrellas observables en nuestro Universo. En estos momentos, es todavía imposible sentar conclusiones definitivas que comprendan todo el Cielo, pues queda casi la mitad del mismo por explorar en la forma con que se ha hecho hasta aqui. Dentro de un año, probablemente, nos será posible generalizar o rectificar estos resultados; es decir, hasta que se puedan someter a la observación estereoscópica regiones tan interesantes desde este punto de vista, y cuyos clisés iniciales ya poseo, como las correspondientes a las constelaciones de Hércules, de la Virgen, de la Cabellera de Berenice, de Perseo, del Triángulo, etc. Sin embargo, repito, queda demostrada, por primera vez, y desde luego con toda seguridad, la existencia de una corriente general de estrellas que comprende más de medio cielo en ascención recta y cuya dirección no corresponde a ninguna de las que han sido encontradas por los astrónomos contemporáneos, haciendo uso exclusivo de la comparación de Catálogos celestes, o lo que es lo mismo, por la comparación de observaciones meridianas. Dada la grande importancia científica de estos resultados, aunque no sean todavía completos, nos sentimos llevados a establecer alguna hipótesis provisional, que aun cuando no resultase verdadera, puede constituir, por el momento, un punto de apoyo para nuestro espíritu, que desea siempre explicaciones racionales a todos los hechos observados.

III

Hace bien poco tiempo que ilustres matemáticos imaginaban hipótesis sobre la organización del Universo estrellado, fundándose precisamente en una supuesta desorganización; es decir, suponiendo que las estrellas se movían al azar en todas direcciones, lo cual les llevaba a varias atrevidas consideraciones, en las que se comparaba nuestro Universo entero a una masa gaseosa cuyos movimientos de sus moléculas se efectuaban en todas direcciones, de conformidad con la teoría cinética de los gases.

Las observaciones estereoscópicas aquí apuntadas, lo propio que los trabajos anteriores, aunque discordantes entre si, de Kapteyn, Boss, Eddington, etc., efectuados siguiendo los procedimientos clásicos, demuestran que lejos de estar lanzadas al azar en el espacio las estrellas de nuestro Universo, están, por el contrario, en íntima concordancia de movimientos, es decir, que la organización es completa; del propio modo que aparecen movimientos de giro en las nebulosas en espiral, que según la mayoría de los astrónomos son sistemas estelares

análogos al de nuestra Vía Láctea, pero situados a distancias enormísimas de nosotros. Por lo demás, el sólo aspecto del cielo estrellado ya nos dice con toda claridad que éste consiste en una vasta organización cósmica, tanto más si nos fijamos en la constitución de las asociaciones estelares, que se manifiesta en las curiosas y complicadas alineaciones y haces de alineaciones de estrellas, estudio que en términos generales he publicado ya en otro sitio, y que simbolizan, por decirlo así, las resultantes de múltiples fuerzas en juego y cuya naturaleza y origen desconocemos en absoluto.

Pero fijando nuestra atención en los hechos concretos revelados por la observación, tenemos ante todo la realidad de una rotación de las estrellas brillantes, (tomando como puntos de referencia las menores estrellas visibles en mis clisés), alrededor de la Tierra y en una superficie celeste que, en ascensión recta, abarca como he dicho, más de medio círculo.

Esta circunstancia nos hace creer, en principio, que se trata de una rotación general de la mayoría de las estrellas brillantes alrededor de la Tierra, sin presentar, por consiguiente, esta universal corriente rotatoria ninguna característica de ápex o de antiápex. El plano de esta corriente formaría un ángulo de unos 70° con el plano de la Via Láctea. No aparece, pues, por este lado ninguna relación cosmogónica manifiesta entre ambos planos.

En todo caso, esta rotación general sería independiente de la Vía Láctea. Yo creo, por lo que me ha enseñado la observación, que de esta corriente, constituida en general por las estrellas brillantes hasta la 10.ª magnitud inclusive, no participan la generalidad de las estrellas que constituyen propiamente el armazón de la Vía Láctea, que por lo común son de magnitudes muy inferiores. Tiende a comprobar este punto de vista la circunstancia de que los conglomerados estelares lejanos y apiñados, que pertenecen propiamente a la Via Léctea, como los del Sagitario y Antinoo, no participan de la corriente. En cambio, cúmulos próximos, disgregados, no proyectados sobre la Vía Láctea, como las Pléyadas y el cúmulo del Perro Mayor, participan claramente de ella.

De esta rotación estaría, pues, dotado un núcleo de estrellas, situado bastante centralmente respecto a la Vía Láctea, y nuestro Sol se hallaría hacia el centro de ese núcleo o esfera estelar, y que llamaré *cúmulo central*.

Veamos desde el punto de vista mecánico que significaría esta rotación del cúmulo central, y al cual pertenecería la inmensa mayoría de las estrellas brillantes.

Desde luego, esta rotación no se verificaría alrededor de una masa preponderante, como ocurre en el movimiento de los planetas alrededor del Sol, sino alrededor del centro de gravedad del sistema, como sucede en todos los cúmulos estelares que observamos. En este caso, podríamos comparar la acción atractiva mútua de los cuerpos que integran el cúmulo a lo que ocurriría a las moléculas de una esfera de densidad homógenea. Sucede en efecto que, para un punto interior cualquiera de esta esfera, la atracción de los puntos cuya distancia al centro de la esfera es superior a la distancia r de dicho punto al propio centro, es nula. Por lo

tanto, este punto estará solamente sujeto a la atracción de la esfera de radio r y de masa proporcional a $\frac{4}{3}\pi r^3$. Aplicando la ley de Newton, la acción atractiva de esta esfera sobre el punto considerado vendrá representada por $\frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{r^2} = \frac{4}{3}\pi r$; o en otras palabras, esta atracción será directamente proporcional a la distancia del punto al centro de la esfera.

En este caso, se demuestra en Mecánica que las trayectorias elípticas de los elementos integrantes de la esfera, supuesta constituida, por ejemplo, por moléculas de un gas„ son concéntricas con la esfera, y que el periodo de revolución es el mismo para todos estos elementos.

En esta hipótesis, resultaría, pues, que todas las estrellas del conglomerado central, supuesto más o menos achatado, estarían dotadas de un movimiento de revolución alrededor de su centro de gravedad, estando situado el Sol no muy lejos de su centro. Si las órbitas de las estrellas fuesen sensiblemente circulares, representando por μ la relación $\frac{F}{r}$, en la que F es el valor de la fuerza central, la velocidad angular de la rotación sería $\sqrt{\mu}$. Como conocemos μ por las observaciones estereoscópicas, y al propio tiempo conocemos la paralaje de algunas estrellas pertenecientes al cúmulo central, este procedimiento nos daría un medio de calcular el valor de la masa total de las estrellas que están dentro de esa esfera de radio r; y conociendo la masa total y el número medio de estrellas comprendidos en la misma podríamos calcular el valor medio de la masa de cada estrella.

Dejando para otra ocasión las aplicaciones que pudieran tener estos puntos de vista, se concibe, por lo dicho, que veamos las estrellas brillantes moverse en un mismo sentido en toda la esfera celeste, desde el momento en que sus velocidades lineales van creciendo a la par que las distancias al centro de gravedad del cúmulo central. Por otro lado, estando nuestro sistema solar muy próximo al centro de gravedad del cúmulo central, su velocidad relativa sería muy pequeña, en forma tal que bien poco podría influir en la formación de un ápex con relación a las estrellas más próximas. Observacines posteriores nos indicarán si este ápex existe, y, por lo tanto, el alejamiento relativo que pudiera tener nuestro sistema respecto del centro de gravedad del cúmulo central.

Claro que no hay que tomar al pie de la letra este concepto teórico aquí indicado, pues la hipótesis de una repartición homogénea de las estrellas del cúmulo central no es con toda evidencia rigurosamente cierta, ni mucho menos. Una prueba de ello son las discrepancias de movimientos que se observan aun dentro de una misma parcela estereoscópica. El concepto hasta ahora más justo, sería el de suponer que las velocidades orbitales aumentan ligeramente acercándose los cuerpos al centro de gravedad del cúmulo central, y que el Sol, por una causa desconocida, como tantos otros ejemplos existen en el cielo, lleva una velocidad relativamente pequeña con relación al centro del cúmulo. De lo contrario, es

decir, si el cúmulo central girara todo él como un cuerpo rígido, no habría «espesor» estereoscópico, sino la formación de una lámina de estrellas paralela al plano de fondo que pudiéramos llamar plano de la Vía Láctea, y esto no se observa. Inútil es decir que, de confirmarse esta generalización de los resultados ciertos y positivos obtenidos hasta ahora, deberían introducirse ligeros retoques en las principales constantes astronómicas, incluso la duración de la rotación de la Tierra.

Es indudable de que dentro de breve plazo el estudio sintético de la velocidad radial de las estrellas podrá complementar los resultados obtenidos con la observación estereoscópica, esta poderosa palanca que para la investigación nos proporciona el aprovechamiento de una de las más prodigiosos sentidos que adornan a nuestro organismo. Pero, aparte de las grandes aplicaciones que con el tiempo tendrá la aplicación del método de Doppler, confío en que la observación estereoscópica, poniendo, desde luego, de manifiesto el movimiento transversal de las estrellas, o bien acabará de cimentar los conceptos expuestos en estas páginas, y cuya importancia científica no se oculta, o bien modificará estos conceptos en forma tal que sorprendan todavia más que los imaginados hasta ahora.

PRESENTED
17 JUN. 1913

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA VOL. XIII. NÚM. 29

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA FOSILIZACIÓN CALCAREA

POR

ESTANISLAO MEUNIER

CORRESPONDIENTE EXTRANJERO

PROFESOR EN EL «MUSÉUM» DE HISTORIA NATURAL DE PARÍS

Traducción de ARTURO BOFILL Y POCH

Publicada en abril de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 29

BRITISH MUSEUM (NATURAL HISTORY)

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA FOSILIZACIÓN CALCÁREA

POR

ESTANISLAO MEUNIER

CORRESPONDIENTE EXTRANJERO

PROFESOR EN EL «MUSÉUM» DE HISTORIA NATURAL DE PARÍS

Traducción de ARTURO BOFILL Y POCH

Publicada en abril de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA FOSILIZACIÓN CALCÁREA

POR

ESTANISLAO MEUNIER

Correspondiente extranjero

Profesor en el «Muséum» de Historia Natural de París

Traducción de *Arturo Bofill y Poch*

Sesión del día 14 de noviembre de 1917

Parte histórica.—El estudio de la fosilización calcárea ha sido, en general, tan descuidado, que los tratados de Geología apenas se fijan en él, como si no ofreciera especial interés. La opinión, por decirlo así, instintiva, es que una concha fósil sólo representa el residuo de la substancia que constituía la misma concha durante su vida, de suerte que no habría necesidad de una explicación más precisa de sus caracteres.

Mas, desde hace ya muchos años, he tenido ocasión de observar una serie de particularidades que, cada vez más, me han llevado a la convicción de que el modo de ver generalmente admitido, no puede ser en absoluto aceptado, y que la *calcificación* de las conchas y de muchos otros vestigios orgánicos de todas las edades, es el resultado de una serie de reacciones que merecen la mayor atención.

Así, pues, me ha sido sumamente grato el que nuestro Secretario perpetuo don Arturo Bofill y Poch haya tenido la bondad de acoger un resumen de mis investigaciones para insertarlo en las *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes,* a la que lo ofrezco como respetuoso testimonio de mi inalterable gratitud por el título tan universalmente deseado de Académico correspondiente con que me ha honrado esta ilustre Corporación.

* * *

El principal motivo que ha inducido a considerar que el asunto en que voy a ocuparme no debía merecer se fijara en él la atención de un modo especial, es que se pensaba *a priori* que no ofrece dificultad alguna. La composición química de las porciones fosilizables de los seres vivientes admite, en general, las mismas substancias que se encuentran en los fósiles, la cal, el ácido carbónico, el ácido fosfórico, el hierro, la sílice y—en proporciones muy variables—la mayor parte de los cuerpos simples. Desde entonces, y en vista de algunas petrificaciones especialmente importantes bajo todos conceptos, se ha dicho que una concha de molusco fosilizada es a la concha en estado viviente, lo que un ejemplar de lignito respecto de un pedazo de madera: es decir, el resultado y como el residuo de una

descomposición lenta en que el objeto organizado ha perdido, por el sólo hecho de su permanencia en las regiones subterráneas, una parte de sus elementos volátiles o solubles.

Sin embargo, por lo que concierne especialmente ya sea a la concha de los moluscos, ya a la parte dura de los equinodermos, ya al armazón de los pólipos, etcétera, la semejanza de composición de estos fósiles, por lo común calcáreos, con la composición de los organismos actuales que se les parecen zoológicamente, ha hecho admitir, casi sin examen, que la caliza que constituye su elemento preponderante es la misma caliza cuya abundancia se observa en la economía de los animales que viven en la actualidad. La concha viva, una vez enterrada, experimentaría una especie de destilación que la conduciría a un estado cada vez más mineral, cuyo último término sería la producción de compuestos quimica y cristalográficamente definidos, como los de calcio. La lentitud de la reacción explicaría la serie de los resultados analíticos que se obtienen con los fósiles calcáreos, según su edad y también según las condiciones de sus yacimientos.

Pero no es sólo esto; nótase con gran sorpresa que varios autores han ido todavía mucho más lejos, puesto que no vacilan en afirmar (aunque sin pruebas) que la calcita romboédrica de ciertos fósiles no es más que su misma substancia histológica, conservada a veces sin modificaciones, con la estructura que tenía cuando viva.

Debe reconocerse, ante todo, que es éste un aserto de un científico alemán: en 1826, Hessel pretendió probar (1) que cada pieza del tallo o del cáliz de un crinoide, que cada placa y cada púa de un equínido, corresponden a un *espato calizo individual;* e igualmente que en las piezas del tallo de los crinoides, que en las púas de los *Cidaris,* el eje cristalográfico principal de los romboedros coincide con el eje longitudinal de estos órganos. Este hecho fué nuevamente expuesto en 1841 por W. von Haidinger (2) y más tarde por una serie de autores, entre los cuales mencionaremos solamente Gustavo Rose y H. C. Sorby.

En 1844 Jamin observó (3) que cuando se examina la estructura interior de los belemnites, se encuentra siempre constituída, por una agrupación regular de cristales de espato, reunidos entre sí por facetas de juntura muy visibles. "Toda la substancia, añade, presenta un aspecto fibroso y en cada parte del fósil el eje de los cristales coincide con la dirección de las fibras."

Stelners en 1864 (4) y Quenstead, diez años después (5) han continuado estas investigaciones y han intentado "explicar estas apariencias cristolográficas, en virtud de la estructura primitiva de los esqueletos (6)". El mismo Zittel, hablando por su propia cuenta (7) del belemnites, añade esta observación muy típica: "Como

---

(1) *Einfluss des organischen Körpers auf dem unorganischen, nach gewiesen an* Enkriniten, Pentakriniten un anderen.
(2) *Abhandlungen k. Cöhm. Gessellschaften, der Wissenschaften* vol. de 1841, p. 6.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des Sciencies de Paris,* XVII. 680 (1844).
(4) *Neues Jahrbuch für Mineralogie,* vol. de 1864, p. 565.
(5) *Petrefaktenkunde Deutschland,* t. IV, (1874-1876).
(6) Zittel. *Traité de Paléontologie* (traducción francesa), t. I, p. 319 (1883).
(7) Id p. 496.

los belemnites casi nunca se encuentran comprimidos, aun en las rocas pizarrosas (1), debe admitirse que el rostro *estaba ya compuesto de prismas sólidos, en los animales vivos*". Lo que, sin embargo, no le impide decir (2), hablando de los *Geotheutis*: "Con frecuencia se ven conservados restos de la substancia muscular del manto marcados de estrías transversales e impregnados de sales calcáreas, sobre todo en sitios próximos a la bolsa de la tinta."

Mencionemos, finalmente, en este bosquejo histórico, que no tenemos interés alguno en hacer más completo, que M. A. Lacroix (3) nos escribía en 1909: "Los belemnites están *exclusivamente* constituídos por la calcita (4) y añadía, en algunas líneas después, que en el oselete de los belemnites, las fibras están dispuestas perpendicularmente a la superficie del rostro, "y, por tanto, a su prolongación en su parte cilíndrica".

Después de numerosos incidentes de laboratorio diseminados durante largos años, me he decidido a estudiar yo mismo la facultad petrificante de la cal carbonatada con relación a los organismos en vía de fosilización, habiendo obtenido, poco a poco, resultados que me parecen dignos de ser resumidos y coordenados, por cuanto se ajustan al modo de ser general de los fenómenos que invariablemente ocurren en la corteza terrestre.

Antes de examinar directamente los objetos fósiles en cuya interpretación nos ocuparemos, conviene tener presentes algunos caracteres fundamentales de los seres cuya comparación con ellos se impondrá necesariamente. Se refieren al modo de ser de los tejidos vivientes, cuya esencia parece ser tan incompatible con el plan arquitectónico de la red de los átomos en los minerales, que no se explica fácilmente que, al lado de los mineralogistas que han imaginado la curiosa teoría geométrica de que se trata, haya podido encontrarse un solo biólogo para darle su asentimiento.

CAPITULO I

Caracteres antimineralógicos de los tejidos vivientes

Contrastes entre los minerales y los seres vivientes.—Sin que lo parezca a primera vista, el asunto que se nos presenta afecta a los más amplios problemas

---

(1) Varios ejemplares de belemnites prolongados procedentes del lias de la mole del Mont-Blanc, me han demostrado que tal aserto está claramente en contradicción con los hechos y que muchas veces ha habido aplastamiento interno del espato que rellena el fósil.

(2) *Paléontologie*, t. I, p. 514.

(3) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. IV, p. 446 (1909).

(4) Se verá después que he encontrado con frecuencia en belemnites de diferentes orígenes hasta 20 por 100 de silice concrecionada. Sin investigar la causa por la cual esta substancia ha podido desaparecer en las láminas delgadas cuya descripción se ha publicado, debe admitirse no obstante que se haya prescindido del análisis químico.

de toda la Historia natural: por ejemplo a la misma distinción que se impone entre los "tres reinos" en que Linné tan magistralmente ha insistido: *Mineralia crescunt;—vegetalia crescunt et vivunt;—animalia crescunt, vivunt et sentiunt.*

Este caracter mismo, que el ilustre legislador de la naturaleza: *crescunt,* aplica igualmente a las tres divisiones primordiales, no es idéntico en las unas que en las otras, y la manera de crecer de los minerales difiere bajo todos conceptos de la de los seres incluidos en los reinos orgánicos. Es lo que expresa tan claramente el contraste de las dos expresiones, igualmente linneanas: *juxtapositio* e *intussusceptio.* Se las puede traducir diciendo que los minerales crecen agrupando sobre ellos mismos, átomos ya formados errantes en el medio ambiente y que coinciden en todos sus caracteres con los átomos de que están ya compuestos;—mientras que a los seres organizados no se junta nada que no haya sido previa y profundamente modificado en todas sus propiedades para llegar a ser *asimilable.*

El más simple, el más elemental de todos estos seres está compuesto, como todos los demás, de un "protoplasma" que no se encuentra fuera de él y cuyos elementos sólo vuelven al medio general después de haber sido disociados, es decir, modificados y constituídos diversamente de lo que estaban en "el organismo".

Es esta una circunstancia que se opone a muchas fantasías de hipótesis y que, en particular, se opone irrecusablemente a la suposición que los minerales pueden, "sin dejar de ser minerales", intervenir en la arquitectura biológica.

Si el lenguaje de la Historia natural contiene tantas expresiones que están en contradicción con este aserto tan evidente, es que, en un principio, se estaba en un error acerca de la naturaleza y las propiedades de las células y de los tejidos. Pero decir, por ejemplo, que un *hueso* es una asociación contraída por una materia orgánica, la *oseína,* con materias minerales, el *carbonato* y el *fosfato de cal,* es cometer un error de lenguaje que ofrece el serio inconveniente de involucrar a menudo un error en la interpretación de los hechos, lo que es infinitamente más grave.

¿Por qué se dice que el hueso *contiene* carbonato de cal? Es porque tratado por el ácido clorhídrico, por ejemplo, hace efervescencia a causa de una producción de gas carbónico y que, al mismo tiempo, el líquido se carga de cloruro de calcio. Pero ¿cómo concebir la presencia de la cal carbonatada, con su personalidad química y mineralógica, en un tejido en que el más atento examen microscópico no descubre la menor partícula del pretendido compuesto químico?

Por otra parte, los estudios fisiológicos no dejan de ninguna manera entrever la presencia del carbonato de cal acarreado por la sangre para que desempeñe su papel en la edificación cristalina;—como tampoco los métodos embriológicos muestran los tejidos mucosos del feto, viniendo a ser sucesivamente cartilaginosos, después óseos, incorporándose alguna especie mineralógica de composición que pueda expresarse por una fórmula química, ni de estructura catalogable en uno u otro de los sistemas geométricos llamados cristalinos.

Así, pues, el declarar que una concha de molusco está formada de *calcita,* es

debido a un abuso de expresión, y en vano podría corregirse esta inexactitud reconociendo que por doquiera allí está mezclada la cal carbonatada con "substancias orgánicas". En realidad, lo que hay es la asociación entre los elementos calcio, oxígeno y carbono que, tomados a parte, constituirán quizás la calcita con los innumerables cuerpos simples cuya lista va aumentado inevitablemente cada vez que la análisis química se practica con más precisión.

Y ¿qué decir de los mineralogistas impenitentes que han llegado a decir, como Gustavo Rose en 1858, que así como la concha de la ostra está del todo formada de una doble capa de calcita, la de *Pinna* consiste en una capa de *calcita* que envuelve una capa de aragonito?

No solamente los caracteres ópticos son los que dan a conocer las especies minerales bien definidas, sino que la más pequeña partícula de concha da al análisis pruebas de su complicación y, por ejemplo, se ennegrece por la aparición del carbón orgánico, cuando se la descompone por calcinación en un medio no oxidante.

Por esta parte, no hay interés alguno en dejarse deslumbrar por las enseñanzas, muchas veces ilusorias bajo este punto de vista, de la *análisis inmediata* que, a pesar de sus magníficos resultados, frecuentemente tan fecundos bajo otros conceptos, pueden dar las ideas más erróneas, respecto a las verdaderas relaciones mutuas entre los elementos químicos en la intimidad fisiológica.

Al contrario de lo que acontece con la arquitectura cristalina, el tejido viviente es un edificio que se consume y que repara sus pérdidas, por el solo motivo de que es viviente. Nada penetra por osmosis en la célula, sino porque este algo está dotado en ella de un grado de concentración inferior al que posee en el líquido ambiente. El esfuerzo realizado cuesta al contenido celular cierto gasto de energía que contribuye a *fatigar* la célula, a aproximarla al momento en que habiéndose casi establecido el equilibrio de tensión, la vida especial que la animaba desaparecerá, y en que se disociará.

Cuando se nos dice que la calcita encerrada en un rostro de belemnites o en una radiola de equínido llenaba ya, durante la vida, las mallas del tejido orgánico, se nos induce a creer que se ignora absolutamente todo lo referente a este último. No consiste, en efecto, en los solos tabiques de células, sino, ante todo, en el plasma que las llenaba y que no hubiera podido llenarlas si el sitio hubiese estado ya ocupado por el mineral cristalizado, cuya sola suposición suprime toda vida celular y, por consiguiente, toda fisiología.

Por lo contrario, al parar la muerte los cambios, la materia resultante reducida a los tabiques celulares, que es esponjosa, ofrece a las soluciones minerales que impregnan el suelo, series de verdaderos *cristalizadores,* que sólo difieren de los admitidos por todo el mundo, por sus formas y por sus dimensiones.

Ningún esfuerzo requiere comprender que, al lado de los microbios conchioliófagos, capaces de consumir la concha entera de muchos animales, existen formas

todavía más delicadas, que se limitan a destruir el protoplasma, respetando en todo o en parte, la red que, en efecto, encontraremos muchas veces.

Nos concretamos aquí a mencionar estos asuntos en los que nos veremos obligados, más lejos, a fijar toda la atención.

En una palabra, atribuir a seres vivientes tejidos mineralógicamente cristalinos, es hacer verdaderas caricaturas y desconocer completamente la base fundamental de la biología. Es como un resto de la fe durante tanto tiempo predicada y tan esencialmente contraria a la realidad de las cosas, de que la Historia Natural habrá llegado al estado de ciencia perfecta solamente el día en que se logre conducirla a resultados matemáticos.

Acentúase ahora y muy felizmente — a causa de nuevas orientaciones de los estudios — una tendencia que podría acabar con todas las tentativas de asimilación entre la constitución de los cristales y la economía fisiológica; tendencia que ha encontrado una de sus más recientes expresiones en un trabajo de M. F. E. Wright, intitulado *Crystals and cristal forces* (1). Pónese en él de manifiesto hasta qué punto contrasta el concurso de las energías, de donde resulta el estado cristalino, con el concierto de fuerzas de que es foco el ser viviente. Cada vez más hemos de considerar toda arquitectura cristalina en un medio edificado para la vida, como atestiguando la desaparición de ésta, antes del momento en que esta arquitectura ha encontrado las condiciones favorables para su aparición. Si tiende a manifestarse en una célula comprendida en un tejido normal, es que esta célula se encuentra en estado de degeneración.

* * *

Presencia excepcional de cristales en el organismo.—Los hechos precedentes, en efecto, no impiden reconocer que pueden originarse cristales en el interior de ciertas células perfectamente vivas: pero, a lo menos, por lo común, es por un mecanismo patológico y, en todo caso, bajo la expresa condición de que los cristales producidos se comportarán como cuerpos extraños (2).

Uno de los tipos más claros de esta clase de producciones, comprende los *ráfides,* o hacecillos de agujas finas que se desarrollan en las células de algunas plantas como *Colocassia.* En *Aloes, Agave, Rumex, Lemna* (lenteja de agua), consisten en oxalato de calcio y su modo de producción a expensas de los elementos del protoplasma es sumamente fácil de comprender. Nos importa mucho hacer constar que, entre las substancias que pueden dar estas cristalizaciones, que Weddel había designado con el nombre de cistolitos, figura el carbonato de cal, cuya producción compara, por microscópica que sea, con la de las estalactitas

(1) *Journal of the Washington Academy of sciences,* vol. VI, n.º 11, junio 1916.

(2) Estas observaciones se refieren también a los *cálculos,* formados fuera de la cavidad general, es decir, en el tubo digestivo y en el canal respiratorio de los animales, donde pueden penetrar directamente materiales experimentando asimismo las condiciones relativas a los fenómenos osmóticos.

en las cavernas. Trátase de minúsculos agregados de cristales orientados en todas las direcciones al rededor del centro de su agrupamiento. La acelga y el caucho (*Ficus elastica*), ofrecen a menudo estas drusas suspendidas a una prolongación hacia la mitad de las célula invadida y que admite siempre y necesariamente una gran proporción de materiales orgánicos.

Las semillas oleaginosas del ricino, del altramuz, del nogal, etc., contienen a veces granos de *aleurona*, en cuya substancia o en las proximidades se observan muy frecuentemente pequeños cuerpos llamados *cristaloides* para recordar su aspecto: son éstos, compuestos esencialmente albuminoides y, por tanto, en modo alguno minerales. En los Orobanches y, por ejemplo, en la *Lathrea squamnaria*, se ven a veces cristaloides en las células de clorofila.

En fin, se sabe que en las Gramíneas se forman frecuentemente concreciones silíceas calcificadas de *tabaschirs*, o *tabasheer*, que no están cristalizadas y que contienen, según Fourcroix y Vauquelin, 30 por 100 de cal, potasa, agua y *materia vegetal*: estos cálculos, por lo demás, no se han producido en los tejidos, sino en los grandes huecos como los entrenudos de la caña.

De todos modos, ninguno de estos hechos puede intervenir en la interpretación de los fenómenos en que venimos fijando la atención, y por ejemplo, en el examen de los belemnites y de la masa de calcita esfoliable que llena toda su capacidad.

* * *

Rápida descripción de algunos términos de comparación.—Para hacerse cargo completamente de las condiciones generales del tejido animal respecto de su calcificación, es de todo punto preciso dar una rápida ojeada a la manera de ser de algunos tipos de la fauna actual, moluscos y equinodermos, cuya comparación con los fósiles nos prestará un concurso decisivo.

Como hemos antes manifestado, la tendencia general, tanto en los geólogos como en los zoólogos, es ver en ellos productos mineralógicos, y según también hemos dicho, esta conclusión, para el que sobre ella reflexiona, tiene un carácter de incompatibilidad formal con todas las exigencias fisiológicas que la hacen ciertamente inaceptable. Repitamos que el tejido de la concha ha sido constantemente, mientras vivía, el punto de encuentro de átomos venidos del exterior para reemplazar a otros que, habiendo funcionado, van a parar al medio ambiente. Por ejemplo, un átomo de calcio contenido en un estado de combinación conveniente en el líquido intersticial de los elementos anatómicos, ha cedido a las atracciones osmóticas para atravesar la membrana celular y ha encontrado, en el protoplasma substancias con las cuales ha contraído una asociación especial, en relación con la calidad del medio, de donde ha resultado la clase de actividad fisiológica a que está destinada la región del fenómeno. Y no sólo se ha realizado así un estado químico propio a la célula, sino que también se ha constituído un armazón de disposición estructural que es igualmente precisa.

Durante la historia del tejido, en que las células se reemplazan constantemente, pero que, al lado de la autonomía de estas células presenta una como autonomía de orden más amplio, la porción relativa de las diversas especies de elementos atraídos y repelidos, pueden cambiar, y transformarse con este motivo, las propiedades del tejido. Para continuar nuestro ejemplo, la proporción de calcio puede aumentar mientras el sér de que el tejido (aquí es el manto secretor) forma parte integrante, avanza en edad, y así es cómo la concha, en un principio sin consistencia en el embrión, ha ido siendo cada vez más resistente, pero sin que el calcio cese de figurar en la lista de los materiales constitutivos, sin que este cuerpo cese de estar allí asociado a toda la serie de otros elementos, y sobre todo, sin que franquee el límite que separa los compuestos biológicos de los compuestos mineralógicos.

Este punto de vista, que sólo podemos apuntar aquí, tiene, según nosotros, mayor importancia de la que ha dejado de reconocérsele. Bastará un corto número de ejemplos para que se comprenda claramente el objeto especial que nos proponemos.

Ante todo, importa imponernos del modo de sér de las conchas de moluscos a causa del número y variedad de sus especies en el mundo paleontológico. Se ha escrito mucho sobre la constitución de las conchas de los pelecípodos, de los gastrópodos, de los cefalópodos, y siempre se ha llegado a la noción de que la concha es una producción paleal, lo que podemos traducir diciendo que representa alguna cosa comparable con un epidermis protector del manto.

En las preparaciones microscópicas efectuadas de conchas frescas de ostra, de caracoles y de nautilos, se vé un tejido formado de anchas células, más o menos prismáticas, cuyos tabiques membranosos son sumamente delgados, y cuyo protoplasma, de composición en extremo compleja, se distingue por una gran proporción de calcio, de magnesio, de carbono, de fósforo, etc., etc., que le da mucha solidez, un aspecto pétreo, y que la priva de toda flexibilidad. Este protoplasma está pues en forma de prismas dispuestos unos contra otros, pero constantemente bañado en una pequeña cantidad de líquido que sólo recibe por osmosis y que circula lentamente en toda su masa para proceder en ella a la renovación de los materiales agotados, por elementos nuevos. Nada se vé que pueda compararse con la intimidad de un cristal, donde líquidos de circulación pueden tan sólo producir corrosiones. Carpenter (1) observa que los prismas protoplásmicos son, respecto de su longitud, anchura y forma, muy variables según la región de una misma concha. Por lo demás, los considera naturalmente, según hemos dicho antes, de naturaleza calcárea, pero hace notar que estos prismas, dispuestos unos junto a otros normalmente a la superficie de la concha, no están deformados por presion recíproca, singular reflexión, cuando uno se coloca, como nosotros hacíamos, en el terreno ordinario de la histología. "Su diámetro se conserva a veces

(1) *Reports of the british Association for the advancement of sciences*, (1843), p. 71 y (1844) p. 1.

constante en toda su extensión, añade, a veces los prismas, adelgazados en su extremo, se intercalan entre otros prismas y ocasionan así, en su disposición, más o menos irregularidades." Por lo que a nosotros se refiere, nos llama la atención la analogía de este tejido, haciendo abstracción de su consistencia, que es muy secundaria, con la disposición muy frecuente de las células en toda suerte de tejidos blandos y, por ejemplo, en el de las hojas de las plantas vivas en que los epitelios pavimentosos, entre otros, son de mallas prismáticas muy semejantes.

El hecho de que los Chiton, u Oscabrion, del grupo de los poliplacóforos, tengan la concha atravesada por los órganos sensorios, basta para demostrar que este tegumento constituye realmente un tejido verdadero y no una producción mineralógica, e insistimos vivamente en esta circunstancia que habremos de tener muy en cuenta cuando, un poco más lejos, compararemos los fósiles con las conchas vivientes.

Antes de llegar a dicho extremo, conviene detenernos en algunos tipos de animales y especialmente en un cefolópodo y en un equínido.

Observaciones sobre el hueso de la sepia.—Con este fin, he procurado formarme una opinión personal respecto de la anatomía del *hueso de sepia (Sepia officinalis* que es, entre los objetos zoológicos actuales, el que más se aproxima, según toda verosimilitud, a la pluma de los belemnites. He obtenido así una base para la interpretación de los cefalópodos secundarios. De paso recordaré que el Doctor Fischer (1), describe este órgano, que con tanta frecuencia se encuentra, de la manera siguiente: "Concha interna (sepion o sepiostario) aplanada, consolidada por depósitos calizos más o menos abundantes, formando vacuolas, terminada posteriormente en una especie de cavidad ventral, imperfectamente cerrada, sin sifón. Las vacuolas del sepion contienen casi exclusivamente nitrógeno con una insignificante proporción de ácido carbónico."

El hueso de la sepia, bajo el punto de vista de su composición química, ofrece ciertas semejanzas con un hueso de vertebrado. Tratado por el ácido clorhídrico diluído, se comporta como él: produce activa efervescencia y el líquido se carga de muchas substancias, entre las que predomina el cloruro de calcio, las reacciones clásicas acusan la presencia de ácido fosfórico en pequeña cantidad y de muchas otras materias en proporciones variadas.

Cuando ha terminado la reacción, es decir, cuando cesa el desprendimiento de gas carbónico, se nota que el sepiostario ha perdido completamente su consistencia inicial, pero conserva íntegramente su forma: es como un hueso de buey o de carnero que haya permanecido en el mismo líquido corrosivo; y el residuo blando, se parece a la oseína. Además, el experimento provoca la separación, muy fácil, de una placa de una variedad de conchiolina correspondiente a la cara plana del órgano estudiado, que es mucho más compacta que la substancia que forma el mayor grueso del sepiostario, cuya estructura es esencialmente ligera y esponjosa.

(1) *Traité de Conchyliologie,* p. 355, 1 vol. in 8.° (1887). París.

Esta placa, al desprenderse y mientras está húmeda, tiene el aspecto de la "pluma" del calamar y es translúcida como ella.

Las láminas delgadas cortadas perpendicularmente a la longitud máxima del huesecillo, supuesto en el estado natural, es decir, sin intervención del ácido, muestran que el huesecillo está formado de un tejido de anchas mallas, ordenadas con mucha regularidad. Vénse tabiques delgados y muy continuos paralelos a la superficie compacta, perpendiculares a otros tabiques mucho menos regulares y como desgarrados (sin duda por el microtomo). Este doble sistema da límites a células cuadrangulares mucho más largas (es decir, según los tabiques discontinuos) que anchas, (es decir, según los tabiques continuos) que, a la luz polarizada son muy visibles, pero poco brillantes y no manifiestan extinción alguna—así como tampoco ningún máximo de brillo. Los pequeños tabiques, por lo contrario, están formados de una materia irregular, un poco granulosa, muy brillante y muy policroma y se estinguen independientemente unos de otros.

Veremos luego que esta anatomía corresponde, en sus rasgos esenciales, a la microestructura de los belemnites, con la diferencia de que a la disposición cilíndrica reemplaza una disposición paralela a la cara mayor del hueso de la sepia y, sobre todo, que no se vé en él aspecto alguno de estructura cristalina, de tal modo que presentan más bien analogías con los tejidos celulares normales de los animales y de las plantas.

En una palabra, el sepion nos presenta, como las conchas externas mencionadas, un tejido formado de células prismáticas cuyos tabiques están constituídos por una substancia membranosa apta para favorecer, a través de su espesor, cambios osmóticos, conteniendo un protoplasma que es mucho menos compacto y mucho menos resistente que el de los pelecípodos antes mencionados, pero como él, constituído por un líquido en el cual se han agregado granulaciones incoloras, muy fácilmente solubles en los ácidos, con efervescencia y con suspensión de substancias albuminoides.

Observaciones sobre la radiola de Heterocentrotus.—Nos presenta hechos por demás interesantes para el objeto que nos proponemos el examen de los tejidos consecutivos de las placas que componen el caparazón de los equínidos y las radiolas de que están erizados. Particularmente me ha ofrecido sumo interés el examen de los cortes practicados en distintas direcciones en los tegumentos de *Heterocentrotus trigonatus* Agas., del que mi sabio colega en el Museum, Prof. Joubin, ha tenido la amabilidad de proporcionarme excelentes ejemplares, por lo cual le doy las más expresivas gracias.

Las placas que componen el caparazón de estos animales acusan una estructura celular muy regular, en la que se distinguen, con un aspecto que recuerda un poco los caracteres de los huesos de las sepias, capas paralelas a la superficie ancha de las placas de las células prismáticas, más delgadas en la dirección perpendicular.

La capa transversal de las radiolas, ofrece un tejido celular de extrema regula-

ridad, cuyas principales direcciones están fijadas por cubiertas concéntricas, que tienen también la forma de radiolas, y por junturas radiales que las cortan transversalmente. La composición del protoplasma es notablemente distinta de la del contenido de las células del sepiostario y, aún con los ácidos más diluídos, no se puede llevar a cabo la desaparición de la parte efervescente, sin producir la desagregación de las paredes celulares, de que sólo se encuentran fragmentos más o menos informes en el líquido corrosivo. La envoltura general de la radiola, de naturaleza membranosa, a pesar de la solidez que presenta en estado seco, desaparece también y se disuelve en abundante pigmento coloreándolo de púrpura violeta.

Observaciones sobre el esqueleto de los pólipos.—El examen microscópico conduce a reconocer una semejanza histológica muy notable entre los pólipos actuales y el sepiostario. De ambas partes se presenta un sistema de fajas paralelas entre sí, transparentes y activas a la luz polarizada. Los colores de polarización entre los nicoles cruzados, son muy vivos, pero de poca extensión en superficie resultando un mosáico muy brillante del que cada elemento cambia de color cuando la preparación gira alrededor del eje del instrumento. No es posible comparar cada uno de estos elementos con un "cristal"; es una granulación sin forma geométrica, cuyo análisis químico revela la constitución muy compleja de que abunda la "materia orgánica", según la expresión corriente.

CAPITULO II.

Caracteres generales de los fósiles calcáreos

Poseyendo ya ahora una base comparativa proporcionada por seres vivientes en la actualidad, podemos adquirir la noción precisa de algunas circunstancias del mecanismo de la fosilización calcárea. Se referirán especialmente a la estructura de las conchas y a su composición química.

Estado cristalino de las conchas calcáreas fósiles.—Las más amplias consecuencias de la paleontología basada, gracias al genio de Cuvier, en las leyes de la anatomía comparada, impide dudar de la íntima semejanza que existe entre ciertos fósiles, aun muy antiguos, con ciertos animales de la fauna que nos rodea; y la analogía morfológica debe conducirnos a la convicción de que la fisiología no ha cambiado de una a otra época.

Por ejemplo, según los detalles adquiridos—en cuanto a la semejanza del belemnites con la sepia actual, por lo que se refiere a la forma general del cuerpo y a la posesión de un pico masticador, brazos acetabulíferos y aún una bolsa de tinta, que procura tanto a uno como a otro molusco la facultad de escapar a la

persecución de sus enemigos en aguas artificialmente enturbiadas—, podemos afirmar que la fisiología no ha debido haber cambiado notablemente, tanto en unos como en otros y que, por tanto, la estructura histológica debía ser la misma.

El método de comprobación que se nos presenta consiste pues en investigar en el belemnites todos los indicios de una semejanza o de una diferencia esencial con la sepia. En el caso de diferencias, pequeñas o grandes, será preciso, antes de deducir que la anatomía y por consiguiente la fisiología difieren de un caso a otro, asegurarse de que las condiciones mismas de fosilización no han intervenido para alterar una identidad primordial.

Bajo este concepto, nos será muy ventajoso, antes de tratar de lo relativo a los organismos animales que nos ocupan, dar una rápida ojeada sobre varios ejemplares de madera petrificada por la caliza, es decir, *calcificados*.

* * *

Maderas calcificadas.—La mayor parte de las maderas petrificadas son *silicificadas* y sólo por excepción las hay que han sido mineralizadas por la calcita; de modo que son éstas generalmente desconocidas. M. Lacroix que, en su *Minéralogie de la France* (1) ha consagrado un párrafo a la "calcita de los seres organizados" no parece que dude de su existencia, pues sólo cita como caliza de origen botánico las agrupaciones de algas incrustantes (litotamniaceas), que muchas veces forman masas voluminosas en los océanos de todas las épocas.

Conocida es la perfección con que ha sido conservada la estructura de los tejidos vegetales en los ejemplares silicificados y puede recordarse como del todo típico, el descubrimiento por Adolfo Brongniart y Bernardo Renault, en las semillas silicificadas de cícadas hulleras, de la *cámara polínica*, no sospechada en las cícadas modernas, cuya presencia ha podido ser observada gracias al dato proporcionado por los fósiles. Conocidos son también los imperecederos trabajos de Renault sobre los silex *jiloideos* de Autun, de Grand'Croix, de Saint Etienne y de otras localidades.

No debe olvidarse, sin embargo, que en ciertos casos se ha realizado una verdadera calcificación en la substancia de maderas fósiles con perfecta conservación de la estructura botánica. Se han mencionado de ello ejemplos en diversos niveles estratigráficos: Goeppert (2) los cita en varias localidades titónicas cerca de Solenhofen en Baviera; Boué los cita también procedentes de Oxford; otros fueron encontrados en el Vicentino, en la época en que Julio Desnoyers publicaba (3) una noticia *sobre la tartufita o madera caliza con olor de trufa*, de las

(1) T. III, p. 441.
(2) Citado por Schimper, *Paléontologie végétale*, p. 105.
(3) *Annales des Sciencies Naturelles*, t. I, París.

canteras de Ecouché y de Fresnay-le-Buffard, junto a Argentau (Orne), así como las de Croisilles y de Cursy, en Calvados. Más recientemente, el Dr. Reymond, de la Sociedad geológica de Francia, ha depositado en el Museum ejemplares análogos, pero con el nombre de *trufita,* provenientes de una localidad del mediodía de Francia.

Por mi parte, no hace mucho he examinado hermosos ejemplares enviados al Museum de Historia natural de Paris como "*restos de vid petrificada*" encontrados cerca de Pontaubert, en el departamento del Yonne (1). Sin detenernos en su determinación botánica, a la que no hemos procedido y que en este lugar no tendría importancia alguna, nos interesa fijarnos en algunas particularidades de su estructura, en relación con la petrificación que han experimentado.

De un modo general, la madera de Pontaubert ha sufrido profunda alteración; sin embargo, en ciertas regiones la estructura leñosa se ha conservado perfectamente y es muy visible. La composición química de los ejemplares es la de la calcita, incolora y límpida, algunas veces en geodas que se distingen a simple vista, y siempre admirablemente cristalizada. Reducida a láminas delgadas, se reconoce una asociación de las más íntimas entre las porciones casi exclusivamente minerales, de las que ha desaparecido la anatomía y las regiones en que, a pesar de la impregnación total por la cal carbonatada, el tejido vegetal no ha experimentado modificación alguna en la asociación de sus células. A través de los elementos anatómicos se extienden anchas placas de calcita uniformemente orientada cristalográficamente. En muchos puntos se ven fragmentos leñosos bien conservados contenidos en zonas de calcita, limitadas por caras romboédricas regulares, hecho que reviste el mayor interés, ya que demuestra, en contra de ciertas aserciones erróneas, que la homogeneidad es compatible con el carácter epigénico de la calcita. Veremos después la aplicación de este hecho. Añadiremos solamente que, en algunos puntos, la calcita que ha invadido el tejido vegetal está maclada según b^1, de manera que recuerda a primera vista el aspecto de los feldespatos triclínicos en las rocas cristalinas. Así, pues, las fuerzas mineralógicas no han encontrado en modo alguno obstáculos en sus manifestaciones, por lo que concierne a la red leñosa.

* * *

Conchas de moluscos calcificadas.—Entre las innumerables variantes que presentan las conchas fosilizadas de moluscos de todas las edades, nos fijaremos especialmente en las que se designan con el nombre de belemnites (2), Nuestros *preliminares históricos* nos dispensan de insistir en las causas de nuestra elección.

---

(1) *Le Naturaliste,* del 15 diciembre 1899, p. 281.

(2) Aunque he estudiado numerosos belemnites procedentes de localidades geográficas y de épocas geológicas muy variadas, me he ocupado con preferencia en la *Belemnitella quadrata* de la creta senonense de Hardivillers (Oise) de que poseía abundantes ejemplares.

Según hemos dicho, los belemnites nos llaman la atención por la facilidad con que se esfolían al choque del martillo: dichos fósiles, si bien son incontestablemente animales, se conducen en esta circunstancia a corta diferencia como los diversos minerales mejor caracterizados y, sobre todo, el espato de Islandia, cuya reducción accidental en romboedros de fractura ha revelado, según se dice, al inmortal Haüy toda la economía de los cristales y la base misma de la mineralogía. Pero deberíase ser muy superficial, para no reconocer que este aspecto, tan diferente del que hemos observado en el hueso de la sepia, está asociado, en el vestigio secundario, a una histología por demás análoga a la del cefalópodo actual.

Para verlo bien conviene—sin perjuicio de observaciones químicas que indicaremos después—practicar cortes delgados en diferentes direcciones convenientemente elegidas y estudiarlas al microscopio. Se observan entonces muy distintamente vestigios de tejido orgánico, más o menos abundante según los casos y siempre comparable a la histología del sepiostario.

En las secciones perpendiculares a la longitud, se descubre, alrededor de un punto casi central cuya significación nos ocupará luego, círculos concéntricos más o menos equidistantes que Zittel (1) denomina "líneas de crecimiento" y considera formadas por las capas calcáreas "que se han depositado durante el desarrollo". Según nosotros, es el análogo de los estratos de células que nos presenta la *Sepia*, pero que, en vez de ser paralelas a la cara dura del molusco actual, ha recibido la influencia de la forma cilíndrica de *Belemnitella*.

En las secciones practicadas según el eje, este hecho es muy evidente: como ha visto Cesaro hace más de quince años (2), la calcita está depositada en conos encajados unos en otros; sólo que este naturalista ha creído ver "fibras minerales" allí donde, en realidad, existen cubiertas membranosas que limitan las capas sucesivas de las células. Veremos luego como observaciones más atentas conducen a reconocer en el interior del belemnites un aparato, no fibroso, sino tubular, dispuesto alrededor del eje, de una manera que nada tiene que ver con la mineralogía.

Por lo tanto, es preciso reconocer que la red visible en los cortes delgados, bajo la forma de líneas orientadas de una manera evidentemente muy regular, se debe a la conservación más o menos completa del tipo animal muy análogo al de la sepia y más parecido todavía por la arquitectura general al de las radiolas de equínidos, de los que *Heterocentrotus* nos ha procurado un tipo tan perfecto entre los seres actuales.

En fin, añadiremos que, en varios ejemplares se ve el rostro cubierto de una capa protectora, muy delgada, que Zittel dice (3) presenta a veces "impresiones vasculares".

Por lo demás, todo esto no impide que la mineralogía haya impreso actualmente a la arquitectura del belemnites un sello del todo preponderante, hasta el

---

(1) *Peléontologie*, t. II, p. 494.
(2) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. III, p. 443.
(3) *Paléontologie*, t. I, p. 318.

punto de que ciertos cortes axiales que recuerdan secciones de la madera de Pautaubert, ofrecen la sucesión de los conos membranosos, atravesada con perfecta regularidad por las láminas alternativas de la calcita hemitropa.

* * *

Caparazones de equinodermos calcificados.—Las conclusiones referentes a los belemnites se repiten casi sin variantes respecto de los equinodermos fósiles comparados con sus congéneres vivientes, de suerte que, en cuanto a ellos, podemos limitarnos a hacer una mención concisa, sobre todo ya que hemos hecho alusión a los mismos desde nuestros *preliminares*.

Hemos dicho ya que varios autores atribuyen a la calcita que los petrifica con tanta frecuencia, un origen biológico y aun la calidad de tejido normal. A este propósito M. Lacroix ha escrito (1): "La característica esencial de los Equinodermos consiste en que cada pieza calcárea de los que poseen caparazón (equínidos, crinoides, esteleroides), cada espícula de los Holotúridos, no tiene esqueleto silíceo, está constituída por un *cristal único* que presenta una orientación uniforme y definida". "Si, continúa el autor, en vez de considerar una pieza en particular, se estudian las relaciones con sus vecinas, se ve que un equínido está en realidad constituído por *una agrupación de cristales* unidos unos a otros por relaciones que he podido definir gracias al estudio de algunos ejemplares por demás interesantes".

Estos ejemplares particularmente interesantes, son caparazones de equínidos cretáceos, erizados de apuntamientos cristalinos formados de romboedros de calcita que ocupan un sitio del espacio en que, durante la vida, estaban distribuídos en el interior del caparazón los órganos más indispensables a la vida de los equínidos. Resulta de la definición que acabamos de transcribir, la concepción, por cierto muy vaga, de una fisiología cretácea en que los fenómenos osmóticos tan fundamentales en la época actual, hubieran sido entonces imposibles.

Es verdad que el examen de la calcita espática de que se trata, permite generalmente todavía distinguir los detalles de la estructura histológica primitiva; pero la contradicción que de ello resulta no deja de ser más manifiesta, como no podremos menos de comprobar, cuando intentemos comprender el mecanismo de la calcificación.

En cuanto a los vestigios de la constitución histológica que persisten, a pesar de la "espatización", podemos decir que son en los equínidos por demás numerosos y de notable evidencia. Por lo tocante a las radiolas de *Cidaris,* por ejemplo las del *C. dorsata* del trías (Lettenkhole de San Casiano (Tirol) o de *C. Blumenbachi* del secuoniense de Verdun, llama la atención la semejanza con la anatomía de las púas del *Heterocentrotus trigonalis* actual, anteriormente citado: "Los cortes delgados de púas de equínidos, dice Zittel (2), ofrecen imágenes muy bellas

(1) *Minéralogie de la France et de ses colonies,* t. III, p. 443.
(2) *Traité de Paléontologie,* t, I, p. 318.

y variadas. Domina con frecuencia en la red una disposición radiada de modo que las púas parecen compuestas de hojitas verticales, perforadas, unidas entre sí por traviesas horizontales que las cortan en ángulos rectos irradiando del centro de la púa a la circunferencia. En el centro, el tejido es a veces de constitución algo grosera; hay también formas fósiles con eje completamente hueco."

Con los crinoides hemos obtenido resultados completamente comparables: cálices y tallos de *Apiocrinus* del Coral-rag de la punta de Ché (La Rochela), de *Poteriocrinus* del carbonífero de Würtemberg, de *Rhodocrinites verus* del devónico de Derbyshire, han presentado restos de tejido celular asociados a una cristalización romboédrica muy perfecta.

En este último fósil, cuyo tallo, que hemos examinado, mide 23 milímetros de diámetro, se reconoce una estructura cristalina muy extensa, en que las fajas alternativas consisten unas en calcita atravesada por diferentes esfoliaciones regularmente paralelas entre sí y perpendiculares a las fajas, al paso que las otras, de igual espesor, están fracturadas por esfoliaciones orientadas en diversas direcciones. Evidentemente hay allí maclas y asociaciones muy complicadas.

Presencia de materia orgánica en ciertos fósiles calcificados.—Nos será muy útil, para proseguir nuestros estudios, haber recordado que los fósiles calcificados, animales o vegetales, contienen frecuentemente materia orgánica. Es. ante todo, lo que desde hace mucho tiempo se ha observado en los huesos, aun en los que datan de una antigüedad geológica muy remota. Además, la materia orgánica que deriva de la fosilización, puede encontrarse en la pasta de las rocas que encajan los fósiles, algunas veces en cantidad muy notable. Es lo que ocurre en la substancia de los mármoles negros paleozóicos, acerca de los que varios autores, por ejemplo M. Spring, han publicado investigaciones muy precisas.

Desde 1890, a petición del Sr. Marqués de Folin, he publicado resultados químicos referentes a los caparazones fosilizados de diversas categorías de animales y especialmente de foraminíferos, de moluscos y de crustáceos (1). Tratando estos fósiles por el ácido clorhídrico diluído, y especialmente los de *Nummulites laevigata*, de varios *Milliolites*, de *Cytheraea splendida* y de *Psammocarcinus Hericarti*, he extraído de ellos una materia orgánica nitrogenada: es un residuo de animales, que corresponde, respecto al reino animal, a los combustibles carbonosos de origen vegetal.

Después de haber notado la presencia, puede decirse constante, de este residuo de substancia que ha vivido, interesa investigar qué situación ocupaba en los organismos. Así pueden realizarse experimentos químicos asociados a observaciones de cortes delgados convenientemente dirigidos a través de los ejemplares. Es entonces fácil apreciar la importancia directa de estudios análogos hechos en seres actuales comparables con los fósiles, y sobre los cuales hemos insistido al principio de este trabajo.

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CX, p. 597 (1890).

Hemos visto también que la estructura de los fósiles raramente desaparece de un modo completo por la calcificación; pero aún en el caso en que parece destruída, se ponen muchas veces en evidencia vestigios de la misma por la disolución del espato: entonces, se reconoce que el tejido fosilizado no ha perdido sus caracteres orgánicos. Por ejemplo, la concha de *Trichites* (*Pinigena*) *Saussurei,* tan notable por su estructura finamente fibrosa y por su fragilidad, despide, por calcinación en el aire, un olor francamente orgánico. Su solución en el ácido clorhídrico diluído ofrece un aspecto albuminoideo y, agitándolo, se hace espumoso. El polvo de esta misma concha, puesto en suspensión en el agua que atraviesa una corriente de ácido sulfuroso, abandona al líquido una substancia que se coagula por la ebullición después de filtrada, de suerte que parece clara de huevo tratada de dicha manera. El resultado es igual al que da el polvo del sepiostario puesto en iguales condiciones.

Quizá el procedimiento más sensible para demostrar la presencia de la substancia llamada orgánica en las conchas fósiles, consiste en calcinarlas *fuera del contacto del aire,* operación que cambia su color, el cual pasa al gris más o menos obscuro, y después en tomar la cal descarbonizada que resulta con un poco de ácido clorhídrico. Entonces el color del residuo es análogo al del mismo carbón y, en efecto, así se ha producido *negro animal.*

Igual resultado se ha obtenido en numerosos ensayos en fósiles variados, como belemnites, baguetas y placas de equínidos, cálices y tallos de encrinos, fragmentos de políperos de todas las edades; de donde puede deducirse que la proporción de substancia animal conservada en la totalidad de la corteza sedimentaria del globo es de mucha mayor consideración de lo que se cree ordinariamente. Sin que pueda aventurarse, respecto de este punto, una evaluación, es de esperar que un día se comprobará que en su totalidad esta masa de combustible diseminada en los depósitos sedimentarios en estado de extrema división, podría corresponder al conjunto de los combustibles de origen vegetal como las hullas, los lignitos y las antracitas que están, por lo contrario, concentradas en un corto número de localidades de elección.

Recordemos, antes de dejar este asunto, que la conservación de la estructura de las células animales, mantenidas en estado de substancia orgánica, puede, en ciertos casos, efectuarse con la mayor perfección. Es lo que he observado, hace ya mucho tiempo (1) en la *Ostrea Bellovacensis* de los yacimientos suesonienses (eoceno inferior) de Choisy-au-Bac. Las valvas, después de maceradas en el agua, dejan ver el ligamento conjuntivo de la charnela hinchado, reblandecido, habiendo vuelto a adquirir sus cualidades fisiológicas, y viéndose en el microscopio sus fibras constitutivas, que parecen haber sido poco alteradas.

* * *

(1) *Excursions géologiques à travers la France,* 1 vol. in 8.° ilustrado, París, 1882.

Carácter explosivo de ciertos fósiles. — Durante mis experimentos analíticos destinados a precisar las nociones referentes a la materia orgánica de las conchas calcificadas, he observado repetidas veces el carácter verdaderamente explosivo de los fósiles estudiados. Los belemnites fueron los primeros que me llamaron la atención: un pequeño fragmento del fósil (sobre todo el extremo puntiagudo del rostro) calentado en un tubo de ensayo con la llama del mechero de Bunsen hasta la temperatura del rojo, decrepita con tal energía, que varios fragmentos son proyectados fuera del tubo, el cual se rompe con frecuencia. El tubo queda tapizado en sus partes relativamente poco calentadas, de pequeños fragmentos proyectados por la explosión, y cuando al cambiar el tubo de posición en la llama, se continúa calentando, vése que cada uno de estos fragmentos salta, se divide a su vez en otros nuevos, llegando a ser en extremo ténues.

Este experimento bastaría para demostrar que la substancia que petrifica los belemnites dista mucho de ser calcita químicamente pura, pues la calcita no decrepita al fuego; se vé que es una asociación de calcita con una substancia del todo diferente, de la cual la destilación pone en libertad una notable cantidad de gas a alta presión.

He propuesto hacer de esta calcita romboédrica y explosiva una nueva variedad, a la que denomino *Patagosita* (de la onomatopeya πάταγος) que Planché, en su Diccionario (edición de 1817) dice tener origen de la palabra francesa *tapage* (hacer ruido) por transposición de la π y de la τ (1).

Esta constitución que comprende a la vez un tejido orgánico y una red mineralógica, se encuentra en muchos fósiles calcificados, entre los cuales pueden citarse como ejemplos: las radiolas (*Cidaris*) y las placas dérmicas (*Ananchytes*) de equínidos; los cálices y los tallos de crinoides (*Apiocrinus, Rhodocrinus, Poteriocrinus*), las valvas de moluscos pelecípodos (*Inoceramus, Trichites*).

Sin embargo, la multiplicación de los experimentos muestra que todos los ejemplares distan mucho de comportarse de igual modo respecto del calor. Además, no he observado explosión alguna o casi ninguna en diversos cefalópodos, como *Orthoceras* (en particular una muestra proveniente del departamento de la Mancha, que media 40 milímetros de diámetro, formada de calcita espática, muy pura), en briozoos como *Monticulipora ramosa*, en fragmentos de diferentes políperos. Conviene advertir que el hueso de sepia, tomado anteriormente como término de comparación, no manifiesta señal alguna de explosión por el calor.

Por tanto, parece que la razón de la explosibilidad de la patagosita está en la oclusión, en la masa de la calcita epigénica de toda la red histológica conservada verdaderamente en *vaso cerrado*, sin gran modificación de composición y cuya destilación está determinada por la aplicación del calor rojo. Si se ve, como hemos dicho, cada grano de polvo fino producido por las primeras decrepitaciones,

(1) *Comptes rendus sommaires de la Société géologique de France*, sesión del 2 abril 1917, p. 83.— Véase también: l'*Actualité scientifique*, mayo 1917.

pulverizarse a su vez con pequeños sobresaltos que recuerdan la danza de los corpúsculos electrizados, es que existe perfecta intimidad entre la asociación de la materia animal y el carbonato mineral.

Podría haber en los pisolites de los manantiales de Hamman-Meskoutine (provincia de Orán), que son explosivos, alguna disposición análoga, y, por ejemplo, la influencia de una materia orgánica proveniente del agua mineral incluída entre los envoltorios calcáreos y piritosos que, en estas concreciones, alternan unos con otros.

Aptitud de las conchas calcificadas para provocar concreciones silíceas.— Réstanos, para haber enumerado los principales caracteres de los fósiles calcificados, señalar su aptitud para provocar en el seno de su propia substancia, concentraciones de sílice que pueden presentarse bajo formas variadas e imprevistas.

Desde 1899 fijé la atención en estos hechos que, sucesivamente, me han procurado un conjunto de resultados que voy a resumir en pocas palabras (1). Sabido es, desde hace mucho tiempo, que la disolución de un fragmento de creta blanca en un ácido, pone de manifiesto un residuo no atacado en el que se reconocen, junto con productos arcillosos y otros, gránulos silíceos, y aún, fragmentos de cristal de roca. Algunos observadores, un poco rápidos, se han creído autorizados, en vista de esto, para deducir que la creta se ha depositado en mar poco profundo, a poca distancia de las costas, ya que las corrientes debían ser por necesidad impotentes para acarrear estos minerales relativamente voluminosos y, por tanto, relativamente pesados, hasta el medio abisal de los grandes océanos.

Ahora bien, he comprobado que estos materiales no tienen, como se creía, un origen exclusivamente mecánico, sino, por lo contrario, una manera de formarse del todo diferente, y que pone de relieve una vez más la unidad general en el modo de ser de las antiguas cuencas sedimentarias y de los mares actuales.

En efecto, basta disolver, no ya la creta, sino ciertos fósiles calcáreos contenidos en su seno, como la concha de *Ananchytes* y aún la de *Inoceramus*, para descubrir en ella pequeños granos insolubles, que consisten únicamente en sílice, ya en forma de cuarzo perfectamente cristalizado, ya en la de una variedad fibrosa comparable con la lutecita, a la que he propuesto denominar *zeosita*, para recordar que parece haber sido necesario, o a lo menos muy favorable, a su formación, un medio que ha vivido, como el espesor de una concha.

Según los ejemplares, estos gránulos son más o menos numerosos; en algunos casos, están asociados, agregados unos a otros hasta el punto de poder representar un 70 por 100 en ciertos fragmentos del gran *Inoceramus* (*Catillus*) *Cuvieri*, de Templeux-le-Fosse; otras veces son muy distintos unos de otros, de suerte que, si los fósiles experimentan en su ganga la acción de un disolvente adecuado, estos granos están expuestos a quedar aislados y adquirir idénticamente el aspecto de arena diseminada en la creta. Con este motivo, he recordado un nivel cretáceo de

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciencies de Paris*, t. CXXVIII, p. 1013.

las cercanías de Lille, que los obreros denominan el *banco de las sedas,* porque está lleno de restos de Inoceramus separados unos de otros. Se comprende que este descubrimiento haya esparcido en la roca envolvente muchos granos cuarzosos que, como se vé, no han sido allí acarreados.

En 1905 (1) hice observaciones análogas en la creta de Margny (Oise), en que el fenómeno adquiere aun mayor extensión. Aquí se trata de agregados cristalinos, pero cuarzosos, que presentan el aspecto de ciertos confites, y están alojados en cavidades muy singulares a primera vista, muy notables después de un estudio suficiente y sobre los cuales daremos un poco más lejos algunos detalles. Ahora bien, se llega a reconocer que este cuarzo, muy apto para la desagregación, se ha constituído en las mismas condiciones generales que el en que los cristales se han manifiestamente engendrado en el espesor de las conchas previamente calcificadas.

Por ejemplo, se reconocerán en la concha de *Ananchytes gibba,* tan frecuente en la creta blanca, rosetas de zoesita que limitan las regiones ambulacrales de estos espatangos y obedecen por consiguiente, a lo menos hasta cierto punto, a una disciplina que deriva de la anatomía de estos animales.

Pero, a lo menos hasta nuevo aviso, donde la concreción caliza parece desarrollarse con mayor interés, es en el seno de ciertos belemnites; y este hecho merece ser señalado de un modo especial, ya que generalmente se ha atribuído más precisión química a la composición de estos rostros, sobre la cual no parece haber dudas, afirmándose que su composición perfectamente definida está previamente demostrada por una cristalización del todo regular.

Vamos ahora a ver que mis experimentos distan mucho de confirmar dicha opinión. Cuando se deja un pedazo de *Belemnitella quadrata* del senoniense de Hardivillers (Oise) en el ácido clorhídrico diluído en su propio volumen de agua, se produce una efervescencia muy violenta y en la mayoría de los casos la concha desaparece del todo en el seno del líquido turbio, pero que se considera ensuciado por las materias arcillosas o fosfatadas que recubren el fósil o contenidas en su fragmocono o en sus fisuras.

Por lo contrario, si se coloca el belemnites en el mismo ácido clorhídrico, pero diluído en 20 ó 40 veces su volumen de agua, la efervescencia, más débil y relativamente muy tranquila, no impide ya la aparición en la superficie del cilindro calcáreo, de pequeñas manchas blanquecinas muy visibles sobre el fondo ambarino del fósil, que persiste durante toda la disolución perezosa que puede durar de 24 a 84 horas.

Si se ha operado en un trozo terminal que comprende la parte del rostro, se ve, en la sección circular, aparecer en las inmediaciones del eje, un pequeño punto grisáceo que poco a poco va adquiriendo relieve hasta exceder en algunos milímetros la superficie de fractura. Disminuyendo el cilindro de diámetro, se percibe gracias a su translucidez, un objeto largo y delgado que ocupa a corta

(1) *Bulletin de la Société géologique de France* (4) 218. (1905).

diferencia la línea de simetría del fósil, y va siendo progresivamente menos distinto. Al mismo tiempo. la punta deja ver un cono que la envuelve y que manifiesta pronto su completa insolubilidad en el ácido.

Prosiguiendo esta disolución, lo más lentamente posible para evitar la desagregación, hasta que desaparece completamente la calcita, se observa que la proporción de sílice es muy variable de un belemnites a otro. Sin duda es a veces muy poca y aun en algunos casos despreciable, pero ordinariamente es muy sensible, y he visto en ciertos casos fragmentos en que alcanzaba y aún excedía un 18 por 100 del peso del fósil.

Si la operación se ha efectuado con precauciones suficientes, se aisla de la materia del rostro una especie de esqueleto silíceo cuyos caracteres me parecen en extremo notables. Este esqueleto, a pesar de las variaciones más o menos sensibles de uno a otro ejemplar, y que a primera vista parecen explicarse por la intensidad variable de una silicificación lenta, se presenta con los mismos caracteres principales. Consta de dos partes, una casi del todo superficial y otra completamente interna.

La parte superficial forma como un caparazón cuyo grueso va aumentando a medida que se aproxima a la punta del rostro, donde presenta relativamente mayor resistencia, pero es tan delgada en el extremo superior, que ofrece suma dificultad el no romperla, y aun muchas veces la efervescencia, por cuidado que se haya puesto en producirla lo más lenta posible, basta para desagregarla.

Esta cáscara está cubierta, en el fósil intacto, de una capa calcárea que la oculta del todo: por ejemplo, un belemnites raspado con un pedazo de vidrio, no producirá raya alguna ni hará ruido. Por lo contrario, después de atacado, aún durante poco tiempo, por el ácido, la fricción determina el rechinamiento característico y traza un surco muy perceptible aun a simple vista.

La cáscara cuarzosa ha de ser continua; sin embargo, es muy difícil prepararla sin que esté perforada en diversos puntos, lo que puede depender del efecto mecánico del desprendimiento del gas carbónico producido por la disolución de las regiones internas. En virtud de los hechos que vamos a resumir, podremos preguntar si este cucurucho cuarzoso corresponde a una especie de concha especial que limita, debajo del epidermis, el tejido celular que llenaba el huesecillo durante la vida del molusco. En ciertos casos, la acción del ácido ha determinado en el corte perpendicular al eje, la aparición de varias capas concéntricas que pueden resultar de una sucesión de vainas cónicas, que sería imposible dejar de relacionar con la estructura íntima revelada ya por el examen microscópico de los cortes longitudinales.

Viene a confirmar este modo de ver la porción interna de la silicificación: consiste en este eje, saliente al principio de la corrosión sobre la sección transversal; pero comprende además alrededor de este eje, fibras hialinas mientras están húmedas y entonces transparentes, como el mismo eje. Es muy natural comparar su aspecto con la estructura esencialmente radial de la calcita de fosilización de

los belemnites y atribuirle el brillo tan notable de las fracturas transversales de los rostros.

Esta aparición de un aparato, admirable por su regularidad, cuya función falta determinar y que suscita la idea de una variedad de sifón o de red circulatoria, no creo haya sido mencionada por autor alguno. Recuerda el aislamiento, que ha llegado a ser clásico, de la armadura braquial de las terebrátulas y sobre todo de los *Spirifer* silicificados: de donde puede inferirse que se han producido en las conchas de estos braquiópodos los mismos fenómenos que acabo de describir y que, por consiguiente, las conchas de los gusanos moluscoides merecen figurar en la lista de los fósiles calcificados dotados de la aptitud silicificante que nos ocupa.

El descubrimiento, del todo imprevisto por mí del aparato silíceo de *Belemnitella quadrata,* me ha conducido, como puede fácilmente comprenderse, a fijarme en el conjunto de los hechos que acabo de citar y que he publicado en 1899 y 1900 sobre la producción de concreciones silíceas en el espesor de las conchas de los Inoceramus, de los Ananchytes y de otros fósiles cretáceos (1), y en el complemento a los mismos que he dado a luz en 1911, describiendo la nueva variedad de sílice calificada más arriba de zoesita (2). En efecto, trátase también de zoesita en el belemnites, y con detalles que aumentan y precisan la significación de mis antiguas investigaciones.

CAPITULO III.

Mecanismo de la mineralización de los fósiles calcáreos.

Para completar el conjunto de los estudios que nos hemos propuesto resumir, réstanos sólo presentar al lector la teoría de los fenómenos que se traducen por la substitución de la calcita en una parte y algunas veces aun en la totalidad de la substancia constitutiva normal de los organismos actualmente fosilizados. En este asunto se presentan tres hechos principales y conciernen sucesivamente: 1.° a la relativa rapidez de la calcificación; 2.° a la necesidad, para que se realice, de cavidades preexistentes en las rocas donde se efectuará el fenómeno epigénico; 3.° a la colaboración de la actividad microbiana que encuentra un elemento indis-

(1) *Comptes rendus du VIII Congrès géologique international* (París), p. 607.—Véase también: *Stanislas Meunier, La Géologie générale,* 2.ª edic., pp.—108 a 111. 1 vol. 8° París 1909, e *Id. La Géologie biologique,* p. 17, 1 vol. 8.°. París, 1914.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* t. CVIII, p. 1877. París, 1911.

pensable para su manutención en la substancia de los organismos que contienen los fangos submergidos.

* * *

Rapidez relativa de la calcificación.—La idea de la duración necesaria a la calcificación, resulta de la frecuencia con que se presentan perfectamente conservadas ciertas delineaciones de estructura de organismos calcificados. Los tejidos, como hemos visto, están a menudo casi intactos, aun en fósiles muy antiguos. Los detalles dados arriba respecto de los belemnites, las radiolas de equínidos y caparazones de crinoides, bastan para que no se ofrezca duda alguna respecto del particular. Pero poseemos algunos testimonios más decisivos todavía, que dan a los precedentes toda su significación.

Me limitaré a recordar que hay maderas del todo calcificadas, es decir, mineralizadas por la calcita, admirablemente cristalizadas, y que datan sólo de una antigüedad histórica. Así lo han dado a conocer las excavaciones efectuadas hace cuarenta años en el *pozo Romano* de Bourbone-les-Bains, descrito por Daubrée, y cuyos productos he tenido ocasión de examinar con dicho geólogo (1).

Varias estacas que databan de la ocupación romana, servían de cimiento a un pequeño canal de 30 centímetros de ancho, construído de caliza oolítica, que conducía el agua dulce procedente del sur. Estaban clavadas a 10 ó 15 centímetros de distancia unas de otras, en una capa de arcilla correspondiente a la región superior de la arenisca abigarrada.

Estas maderas, a pesar de haber conservado muy distintamente su estructura, han llegado a ser duras y pesadas. La materia mineral que han absorbido es carbonato de cal.

Las láminas delgadas de esta madera mineralizada ejercen acción en la luz polarizada, por la calcita cristalizada de que están impregnados los tejidos vegetales. "En medio de la calcita luminosa, dice el autor, se dibuja una red de partes que ofrecen muy limpiamente la configuración del tejido orgánico: las células, los vasos y los radios medulares pueden allí reconocerse perfectamente."

Y añade el autor: "la substancia original de la madera ha desaparecido en parte para dejar sitio al carbonato de cal, y la parte que se ha conservado, sin que haya llegado a pudrirse y sin perder su textura se ha llenado de la misma substancia hasta en los más pequeños intersticios de sus células". Bernardo Renault ha reconocído en estos ejemplares los caracteres distintivos de la madera de haya (*Fagus*).

Daubrée observa que no ha sido señalada incrustación alguna cerca de las maderas calcificadas: "es la materia leñosa, añade, que, por una especie de selección, ha atraído y concentrado en sus células el carbonato de cal".

---

(1) *Etudes synthétiques de géologie expérimentale*, p. 103, en 8.°, París (1879).

Se encontrarían fácilmente ejemplos análogos al de Bourbone. Stokes ha descrito una madera igualmente calcificada, encontrada en Eilsen por Colta en un acueducto romano, y Goeppert ha mencionado algunos otros.

* * *

Necesidad de cavidades preexistentes.—El segundo orden de hechos es relativo a la necesidad de cavidades preexistentes en la masa que ha de experimentar la calcificación, y el examen de los principales casos hasta ahora observados, demuestra que las substancias generadoras de la calcita deben estar desprovistas de toda propiedad corrosiva.

Respecto del particular, y ensanchando por un momento el círculo de nuestros estudios, nos será sumamente útil añadir a la serie de los huecos que pueden ofrecer los fósiles, otras cavidades de origen enteramente inorgánico, y en las que se han realizado fenómenos comparables a los que venimos estudiando.

Recordaremos desde luego la existencia, tan frecuente, de la calcita espática en forma de *venillas* en los mármoles que, gracias a ellas, son tan apreciados por sus cualidades ornamentales. Sabido es que deben distinguirse dos categorías de estos mármoles: los que contienen venillas aisladas unas de otras, y observan una especie de orientación general, dándoles la apariencia más o menos paralela, o que las contienen en grupos que se cortan bajo ciertos ángulos. No puede dudarse entonces que no se trata de rocas que han experimentado la energía subterránea de los fenómenos orogénicos: depresiones consecutivas a los aplastamientos interiores y al cambio de lugar de las láminas de corrimiento. Ofrécenos el tipo una especie de desgarros fusiformes, de algunos centímetros de largo y algunos milímetros de ancho que atraviesan una pasta completamente negra de caliza compacta, constituídos por caliza espática blanco de leche. Estas venillas son calificadas muchas veces como productos de *segregación*, entendiéndose por eso que la masa del mármol envolvente ha estado sometida, por parte de los líquidos de circulación, a una disolución que, llegando a las venillas, ha abandonado (no se sabe cómo ni por qué) el carbonato de que estaban cargadas. Este procedimiento no es evidentemente probable y parece aún imposible, en virtud de dos consideraciones principales: 1.° la caliza que la encaja no presenta, como hemos dicho, señal alguna de corrosión. En las placas pulimentadas que con tanta frecuencia se emplean en la arquitectura y ornamentación con el nombre de "Santa Ana", de "pequeño granito", etc., se ve que el grano de la ganga es tan contínuo como la materia misma de las venas; 2.° se encuentra la misma generación de calcita en rocas que contienen abundancia de restos fósiles recientes, que están intactos, cuando, siendo calizas, hubieran sufrido alteración por la circulación de un líquido corrosivo. La conclusión (que tan bien se aplica a la producción del espato de Islandia es una ganga que no es en modo alguno calcárea) es, que debe invocarse el encuentro de dos soluciones probablemente muy diluídas, que, por el sólo hecho de su mezcla, han determinado

por doble descomposición la precipitación del carbonato cálcico: una sal soluble de cal, tal como el sulfato y un carbonato alcalino, materiales tan frecuentes en las aguas mineralizadas, llenarían todas las condiciones requeridas.

La segunda categoría de mármoles obscuros con venas de calcita blanca, corresponde a las variedades más numerosas en que las redes de estas venas se entrecruzan en diversas direcciones, pudiendo ser de dimensiones muy notables. En este caso, se trata de productos de la transformación de antiguos fragmentos desprendidos de montañas pertenecientes a edades geológicas diversas, que pueden ser muy remotas. La contemplacifin de los desmoronamientos actuales que tan bien ocultan el pie de las montañas de donde derivan, a consecuencia de la acción de la intemperie, basta para indicar el papel importantísimo que dichos fragmentos han desempeñado en todas las épocas, aunque parece que la mayor parte de los geólogos lo han desconocido casi del todo. Bajo la influencia de reacciones metamórficas y por la doble descomposición indicada hace poco, el sistema de canales circulatorios constituídos por los intervalos entre los fragmentos de roca, se ha incrustado paulatinamente y, por fin, obstruído, como acontece con todas las cavidades subterráneas de las moles calcáreas, por ejemplo, las cavernas transformadas poco a poco en masas de ónix.

Para no dejar omisión alguna demasiado notable en esta rápida revista de las precipitaciones subterráneas de la calcita, conviene fijar un momento la atención en un caso muy especial, pero por demás elocuente. Trátase de una variedad de arenisca cuarzosa cimentada exclusivamente en calcita romboédrica, que una localidad parisiense, denominada Bellecroix, cerca de Fontainebleau, ha proporcionado a las colecciones, en forma de ejemplares muy notables. Estos ejemplares, se presentan en romboedros inversos, del todo aislados, muchas veces agrupados, incluídos en arenas cuarzosas que dependen del terreno estampiense (oligoceno inferior) y contienen, según los análisis de Delesse, que yo mismo he confirmado, hasta 60 por 100 de granos inertes en su red cristalina, la cual, por lo demás, ha permanecido perfectamente regular.

En vista de esta circunstancia, es imposible concebir cómo el conjunto de cavidades, constituído por el delicado tejido de una madera o de una concha, podría oponerse a la génesis de las grandes extensiones de caliza epigénica, de estructura completamente geométrica de que hemos hablado y en que vamos a insistir.

Pero, mientras que en los caparazones de ananchites, de crinoides y de belemnites la operación se ha realizado en un vacío más o menos relativo, debido a la desaparición de un tejido orgánico; parece haber habido aquí propagación de la acción cristalogénica alrededor de un centro de fuerza situado en plena arena homogénea, que irradia en influencia oculta según los ejes de una red geométrica. Allí donde se detiene el cristal, hay brusca substitución de la arena libre por la arena sólidamente empotrada en el romboedro, y el hecho es tanto más de notar, ya que, en el contacto mismo del cristal, la materia arenosa que no está en modo alguno

aglutinada, puede, en ciertos casos, producir enérgica efervescencia en contacto con los ácidos.

* * *

Producción de cavidades preexistentes por erosión microbiana de los caparazones enterrados.—El reemplazo de la materia inicial y viviente de los caparazones orgánicos por la caliza espática de fosilización, supone ante todo, según lo que antecede, la destrucción más o menos completa de esta materia primitiva. El fenómeno se presenta, en efecto, en yacimientos variados y es por demás instructivo comparar los diferentes grados según los puntos, de su intensidad.

Encuéntranse frecuentemente, en plena masa de creta blanca, caparazones de equínidos (*Ananchytes, Micraster* y otros) constituídos por caliza esfoliable según la geometría del *romboédro-inverso* de Haüy. Como hemos visto más arriba, la doctrina simplista ha consistido durante mucho tiempo, en que esta calcita es pura y simplemente la estofa misma de que la concha estaba constituída durante la vida de su habitante. Este punto de vista, aceptado sin discusión, derivaba de la misma tendencia general que Buffon expresó tan magistralmente en sus célebres *Epoques de la nature,* comparando las profundidades subterráneas con un conservatorio donde están almacenados sin cambio ulterior, restos que datan de las más diversas épocas. Es como una última manifestación de la creencia primitiva del contraste de la época actual con las que la han precedido, en que los fenómenos eran tan enérgicos y gigantescos como débiles y limitados son los actuales.

Sin embargo, había ciertos detalles menos fáciles de explicar, y precisamente porque eran detalles, exigían más precisión. Por ejemplo, se encuentran capas de piedra de construcción, como la llamada *cosaque,* que yace en la base de la *caliza basta* de los alrededores de París, en que abundan impresiones de mariscos cuya concha ha desaparecido del todo. En este caso, como en muchos otros que se sucedieron, fué preciso reconocer que un fenómeno consecutivo al depósito había hecho desaparecer la substancia misma de las conchas cuyo sitio ha quedado vacío.

A los que objetaban que las conchas eran calcáreas (según la definición química que entonces se les daba) contestaríamos que no se concebiría jamás la naturaleza de este reactivo que podía disolver los fósiles con tanta precisión y delicadeza, respetando tan exactamente el fango calcáreo solidificado que las había empastado y de donde puede sacarse, por la presión de una bola de cera en las cavidades, el molde exacto de todos los detalles de forma, hasta el punto que permite la determinación zoológica de los ejemplares, tan perfecta como hubiera sido posible en las conchas desaparecidas.

Y se creyó de suma habilidad el invocar una pretendida diferencia química entre las conchas, que estarían formadas de aragonito, y la roca ambiente, cuya substancia sería la calcita (especie un poco menos soluble que la precedente, pero

que, sin embargo, el ácido carbónico ataca muy aprisa). Hoy día, como hemos visto, y obedeciendo a otra causa, se nos afirma que los caparazones de equínido y que muchas conchas de moluscos están compuestas de calcita que, en su calidad de especie romboédrica, habría orientado las moléulas de cal carbonatada que las circulaciones subterráneas han podido procurarle.

Ahora bien, me ha sido sumamente grato poder llegar personalmente a la solución del problema de los "fósiles negativos", es decir, por supresión de los cuerpos organizados. Las conchas, en vez de estar constituídas de *carbonato de cal,* están formadas en realidad de una *materia alimenticia* por el estilo de la de los seres inferiores que, para mayor sencillez, podemos reunir con el nombre unívoco de *microbios.* Esto supuesto, no hay ya confusión entre estos productos de la actividad viviente que llamamos conchas, caparazones, y los productos de las simples reacciones químicas y físicas que rigen el mundo mineral y que están igualmente definidos por una composición que puede expresarse en una fórmula química y por una estructura geométrica dependiente de uno de los sistemas cristalinos, y se vé como casi a pesar nuestro y por la fuerza misma de las cosas, nos encontramos conducidos a los puntos de vista generales de donde hemos partido al principio del presente trabajo.

Nada más fácil que justificar este modo de ver, de modo que, por decirlo así, basta sólo abrir los ojos: pues estos microbios *conchiliófagos* se observan por doquiera en la época actual y especialmente en el fango pestilente de nuestros puertos de mar, cuyos caracteres nos permite apreciar la extracción que constituye la operación de la *limpieza.* Allí hay muchas conchas en pleno estado de "*podredumbre*", y si se considera lo que ocurre en las regiones próximas, allí donde no hay modificaciones por el trabajo del hombre, se concibe fácilmente la perforación de huecos admirablemente situados para ser receptáculos de concreción al contacto de soluciones subterráneas aptas para depositar, reaccionando unas con otras, compuestos cristalizados de los que ciertamente es el más frecuente la calcita espática.

La *destrucción microbiana* preparatoria de petrificaciones de la categoría de los fósiles negativos, puede observarse en muchas circunstancias y en diversos grados de adelanto según los casos Ya, en 1904 (1), indiqué el moldeado que yo había hecho de la cavidad dejada en plena masa de la creta blanca de Margny cerca de Compiène (Oise) por *Hallirhoites Isariae,* mencionando los ósculos muchas veces perfectamente visibles. Desde entones he estudiado el modo de desaparición del cuerpo de la esponja con persistencia de su molde, comparando las condiciones de este yacimiento con el modo de ser de las esponjas modernas sepultadas en los cienos de las grandes profundidades, como *Hyalonema, Pleuromena, Alcyoncellum* y *Euplectella.*

---

(1) *Bulletin de la Société géologique de France* (4) IV 218 (Marzo 1904)—Véase también, para las figuras: *Le Naturaliste* de 1 enero 1905.

Las afirmaciones de esta explicación abundan en varias localidades y en formaciones pertenecientes a las más diversas épocas geológicas. La desaparición de un molusco provisto de concha, en el seno de un fango de cualidades físicas convenientes, dejará una cavidad que tendrá la forma exactamente igual a la del animal devorado por los microbios, y esta cavidad se comportará lo mismo que las que hemos indicado en el párrafo anterior, entre otras, la pequeña crepitación que se declara en plena masa de un mármol compacto sometido a los esfuerzos orogénicos. La cavidad de origen microbiano se llenará de la misma manera que la de una fisura de origen mecánico; sólo que, en vez de formar un jaspeado, constituirá un núcleo de calcita que afectará la misma forma de la concha. Los cortes delgados que se practican en este núcleo, permiten analizar el fenómeno en todos sus detalles. Encuéntranse así, por ejemplo, pseudo-conchas de *Murchisonia* en el mármol negro de Flandes, formadas de calcita muy esfoliable en romboedros, en toda la masa de la producción, sin que ofrezca en parte alguna el menor indicio de estructura orgánica. Es entonces la reproducción exacta de lo que ofrecen ciertas mineralizaciones silíceas como presenta la caliza basta de Sèvres (Sena y Oise), que provienen especialmente de *Potamides* y de *Natica*.

En otros casos el fenómeno puede complicarse y dejar ver que se ha realizado en dos tiempos sucesivos. En efecto, entre las *Murchisonia* que acabamos de citar, se encuentran algunas que ofrecen alrededor del núcleo espático correspondiente a la parte llena de la concha que ha sido vaciada por la descomposición de las partes blandas del gastrópodo, una *zona poco gruesa* formada también de calcita, pero que ocupa evidentemente el sitio de la concha misma, que ha desaparecido después de la constitución del núcleo y que ha sido poco a poco reemplazada por caliza de segunda concreción. Por tal motivo ésta no ha adoptado la orientación cristalina de la primera calcita El hecho de que se trata, lo he observado no sólo en los mármoles del departamento del Norte, sino en rocas análogas de muchas regiones y, recientemente, en calizas metamórficas provenientes de la Dominica, Antillas inglesas, de donde me las ha remitido el cónsul de Francia M. Serre.

Estas circunstancias, de las que no podemos citar todas las variantes, se aplican a la transformación en calcita de los fósiles que hemos antes enumerado, lo mismo la madera calcificada, que los vestigios animales como los belemites, de que nos ha ilustrado el estudio del sepiostario.

Siempre, fósiles calcificados muestran principios de ataque microbiano, cuyo comportamiento es evidentemente comparable con el de las depredaciones que han sido magistralmente descritas por Bernardo Renault en las maderas silicificadas. Y esta observación me conduce a hablar de nuevo, por un instante, de los vegetales calcificados de Pontaubert (Yonne). Se encuentran, efectivamente, en ellos cavidades de diferentes dimensiones, con formas redondas y frecuentemente ramificadas, que sin duda derivan de seres xilófagos y, entre otros, de microbios que podrían bien estar personalmente representados por granulaciones de formas pare-

cidas internamente a figuras publicadas hace poco por Renault (1) con motivo de las maderas carboníferas *silicificadas* de Grand'Croix d'Autun, y de otros sitios.

Varias conchas de grandes dimensiones de *Inoceramus Cuvieri,* del senoniense de Templeux-la-Fosse (Somme) me han procurado muestras muy notables bajo tal concepto. Las corrosiones ofrecen evidente analogía de forma con las descritas por Renault en el espesor de las escamas de peces primarios (2). Yo las he encontrado parecidas en valvas de moluscos de todas las edades, hasta en el Oligoceno de Etampes, en que es particularmente notable *Cytherœa splendida.*

Sin multiplicar indefinidamente estos ejemplos, réstanos hacer presente que, en muchísimos casos, la corrosión microbiana va acompañada de una delicadeza de dirección cuyas consecuencias son de gran importancia bajo nuestro punto de vista. Todos hemos observado en otoño hojas de árbol que han sido reducidas al estado de verdaderos encajes por la supresión de todo el parenquima, persistiendo la red de nervaduras, desde las más gruesas hasta las más tenues. Una cosa análoga, pero más delicada aún, se ha producido en la madera de Pont-Aubert, donde hemos visto que, habiendo desaparecido el protoplasma de las células leñosas, ha quedado conservado con mucha frecuencia el armazón constituído por los tabiques celulares, de suerte que la calcita de fosilización se ha comportado para la cavidad de cada célula, como había hecho con la cavidad total de *Murchisonia.* Así se ha realizado la persistencia de la red histológica, en medio de la red cristalográfica y varias veces con continuidad de una misma orientación de las moléculas en una dimensión a veces muy notable.

Es lo que nos han hecho ver los belemnites, las radiolas de equínidos jurásicos y muchos otros vestigios de fósiles que han sido tan incompletamente comprendidos por los primeros naturalistas que los han examinado.

En una palabra, el tejido que constituye las conchas y los caparazones o armazones de innumerables animales vivientes en la actualidad, dista mucho de estar, como se ha dicho durante largo tiempo, exclusivamente formado de materias minerales, sino que representa una substancia esencialmente alimenticia para las legiones de seres entre los que deben citarse ante todo los microbios. Gracias al consumo de estos tejidos con una energía que no tiene comparación con la delicadeza de disección con que se realiza, se constituyen en los restos orgánicos las cavidades de diversos órdenes y dimensiones en que los fenómenos epigénicos encuentran un campo ilimitado para desarrollar sus productos. Así es particularmente cómo se constituye la calcita de fosilización y cómo desaparece una contradicción química, tan incomprensible a primera vista, que se ha evitado durante mucho tiempo someter a un estudio racional.

(1) *Notice sur les travaux scien ifiques de Bernard Renault,* p. 102, in 4.º 1896 (Saint Eteinne).
(2) Id. p. 96.

CONCLUSIONES

Si intentamos extraer de las observaciones que preceden las consecuencias que entrañan, nos llamarán, desde luego, la atención los argumentos que suministran relativos a la profunda modificación introducida en la economía general del globo por la aparición de la vida en su superficie.

El fenómeno biológico, tan reciente si se compara con la duración inmensa de tiempo que le ha precedido y durante la cual toda la evolución planetaria fué regulada por las solas reacciones mecánicas, físicas y químicas, ha impreso a todos los productos en que ha colaborado, un carácter distintivo tan intenso, que de su aparición data verdaderamente una nueva geología.

Gracias a la intervención de la microscópica célula viviente, se han declarado numerosas conjugaciones entre elementos que desde los orígenes hasta entonces habían permanecido pasivas unas ante otras. Nos da el tipo el tejido clorofílico, que determina entre la molécula de agua y la molécula de gas carbónico, bajo la sola influencia solar, la producción de los hidratos de carbono. Encuéntrase también y en forma complementaria de esta primera reacción, en la potencia de la célula microbiana generadora de los tubérculos radicales de las papilionáceas y de sus análogos para fijar directamente el nitrógeno del aire en los materiales orgánicos o para originar los nitratos, los nitritos y el amoñiaco.

Puédese, por tanto, y sin exageración, proclamar que el microbio es el artesano de la vida, bajo todas sus formas, en todas las gradas de la escala animal, como en todos los niveles de la serie botánica. Los fósiles, como se ha visto, conservan vestigios de la substancia orgánica que había animado a los seres que representan, y puede decirse con exactitud que a través de toda la serie sedimentaria, el conjunto de las rocas habrá conservado propiedades especiales que no se hubiera podido sospechar.

No puede admitirse que, conforme con una aserción sin fundamento, y que acabamos de rebatir, los seres fosilizados, hayan estado constituídos por minerales durante el curso de su vida. Vemos que las rocas conservan después de su depósito en el seno de la serie estratificada, caracteres orgánicos indiscutibles. Están impregnadas de compuestos cuyo estudio, a penas iniciado (y que Tournel, por ejemplo, con su *camaleón orgánico-mineral,* después Spring con sus fosfaminas del mármol

carbonífero y muchos otros, los han señalado a la atención de los químicos) nos reserva evidentemente innumerables revelaciones (1).

Como habíamos ya dicho, y es preciso repetirlo, si se supiera extraer de las calizas y de las arcillas, aun en sus formas más metamórficas, la totalidad de las materias carbonadas y nitrogenadas de origen orgánico que entran en su composición, se aislaría un volumen muchas veces superior al de las más ricas hulleras reunidas en combustible, homeopáticamente diseminado en la masa total de los sedimentos.

Esta abundancia de carbono, en estado de combinaciones diversas, explica el carácter, ante todo *reductor,* de las profundidades subterráneas, cuya actividad se traduce por innumerables series de transformaciones químicas y por inextricables circulaciones de reactivos que accionan sin cesar en las porciones más íntimas de las capas telúricas y colaboran así a todas las funciones del organismo terrestre, hasta el punto que no está fuera de razón suponer que los aumentos de temperatura de los estratos, por la acción de las revoluciones orogénicas de que van acompañadas las explosiones volcánicas, pueden determinar los efectos explosivos de la patagosita, factor ciertamente activo del régimen mecánico de las profundidades telúricas. No puede hacerse abstracción, en las consideraciones de la Geología general, de la influencia de las acumulaciones de fósiles bajo el punto de vista de la porosidad de las moles sedimentarias y especialmente de su accesibilidad a las circulaciones indefinidamente continuadas de los líquidos subterráneos.

Disminuiríamos el alcance de estas consideraciones si insistiéramos en los detalles relativos a las mismas. Bastará, para resumir, hacer constar que el asunto cuyos puntos principales acabamos de exponer, nos ha seducido principalmente por el contraste entre su modesta apariencia y la amplitud de las consecuencias a que su estudio forzosamente ha de conducir.

---

(1) Esta observación es aun extensiva a rocas cuyo especto dista mucho de ser el de una composición orgánica: gracias a la amable cooperación de M. G. Ramond, asistente en el Muséum nacional de París, puedo citar, junto con los ejemplos precedentes, la vulgar caliza basta, llamada de *miliolas*, de los alrededores de París, que es casi blanca y que, después de calcinación al rojo, al abrigo del contacto del aire, deja por el tratamiento del ácido clorhídrico de que hemos hablado, un resíduo de color muy obscuro, teñido por una mezcla de carbón, que resulta de la descomposición de las materias orgánicas que lo impregnan. ¿Cómo no recordar en esta ocasión, los análisis que han demostrado a Delesse que todas las rocas sedimentarias contienen nitrógeno combinado? Sabemos ahora que éste se encuentra en compuestos análogos a los de que están formados los cuerpos vivientes de la época actual. Los caparazones de las miliolas están en parte silicificados, lo que estrecha las relaciones que hemos indicado más arriba, entre la caliza y la sílice.

INDICE

PRELIMINAR PARTE HISTÓRICA 3

CAPÍTULO I. CARACTERES ANTIMINERALÓGICOS DE LOS TEJIDOS VIVIENTES 5

Contrastes entre los minerales y los seres vivientes. 5

Presencia excepcional de cristales en el organismo. 8

Rápida descripción de algunos tipos de comparación 9

Observaciones sobre el hueso de sepia. 11

Observaciones sobre las radiolas de « Heterocentrotus ». . . . 12

Observaciones sobre el esqueleto de los pólipos. 13

CAPÍTULO II. CARACTERES GENERALES DE LOS FÓSILES CALCÁREOS . . . 13

Estado cristalino de las conchas calcáreas fósiles 13

Maderas calcificadas 14

Conchas de moluscos calcificadas 15

Caparazones de equinodermos calcificados 17

Presencia de materia orgánica en ciertos fósiles calcificados . . . 18

Carácter explosivo de ciertos fósiles 20

Aptitud de los caparazones calcificados para provocar concreciones silíceas 21

CAPÍTULO III. MECANISMO DE LA MINERALIZACIÓN DE LOS FÓSILES CALCÁREOS 24

Rapidez relativa de la calcificación 25

Necesidad de cavidades preexistentes 26

Producción de cavidades por erosión microbiana de los caparazones enterrados. 28

CONCLUSIONES 32

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA FOSSILISATION CALCAIRE

PAR

STANISLAS MEUNIER

Correspondant étranger de la «Real Academia de Ciencias»

Professeur au Muséum d'Histoire naturelle de Paris

Historique de la question.—L'étude de la fossilisation calcaire a été en général si négligée, que les traités de Géologie ne s'y arrêtent pas plus que s'ils regardaient cette question comme non existante. L'opinion, pour ainsi dire, instinctive, est qu'une coquille fossile ne représente que le résidu de la substance qui constituait la même coquille durant sa vie, de sorte que le besoin d'une explication plus précise de ses caractères ne s'est fait pas sentir.

Or, depuis de longues années déjà, j'ai eu l'occasion de constater une série de particularités qui, de proche en proche, m'ont amené à la conviction que la manière de voir généralement admise est absolument inacceptable, et que la *calcification* des coquilles, et de beaucoup d'autres vestiges organiques de tous les âges, est le résultat d'une série de réactions qui méritent la plus grande attention.

Aussi ai-je éprouvé une grande joie quand nôtre secrétaire perpetuel, M. Arthur Bofill y Poch, a bien voulu accueillir un résumé de mes recherches, pour l'insérer dans les *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes,* où je le dépose avant tout, comme le respectueux témoignage de mon inaltérable reconnaissance du titre, si universellement envié, de Correspondant, dont cette ilustre Compagnie m'a honoré.

* * *

Le principal motif pour lequel on a regardé la question qui va m'occuper comme ne devant pas arrêter spécialement l'attention, c'est qu'on a pensé *a priori* qu'elle n'offre aucune difficulté. La composition chimique des portions fossilisables des êtres vivants admet, en général, les mêmes substances qui se retrouvent dans les fossiles: la chaux, l'acide carbonique, l'acide phosphorique, le fer, la silice et—avec des proportions très variables—la plupart des corps simples. Dès lors, et encouragé par le spectacle de quelques pétrifications spécialement importantes à tous égards, on s'est dit qu'une coquille de mollusque fossilisée est à la coquille à l'état vivant, ce qu'est un échantillon de lignite vis à vis d'un morceau de bois; c'est-à-dire, le résultat et comme le résidu d'une décomposition lente, où l'objet organisé a perdu, par le seul fait de son séjour dans les régions souterraines, une partie de ses éléments volatils ou solubles

Cependant, en ce qui concerne spécialement soit la coquille des mollusques, soit le test des échinodermes, soit encore la charpente des polypiers, etc., la ressemblance de composition de ces fossiles, fréquemment calcaires, avec la composition des organismes actuels qui leur ressemblent zoologiquement, fait admettre, presque sans examen, que le calcaire, qui en fait l'élément prépondérant, est la même substance effervescente par les acides dont on constate l'abondance dans l'économie des animaux actuels. La coquille vivante, une fois enfouie, aurait subi une sorte de distillation, qui l'amènerait à une condition de plus en plus minérale dont le terme ultime serait la production de composés chimiquement et cristallographiquement définis, comme des sels de chaux. La lenteur de la réaction expliquerait la diversité des résultats analytiques que procurent les fossiles calcaires, d'aprés leur âge et aussi, d'après les conditions de leurs gisements.

Mais ce n'est pas tout, et l'on s'aperçoit avec une grande surprise que plusieurs auteurs sont allés beaucoup plus loin encore. Ils ne craignent pas d'affirmer (sans preuves d'ailleurs) que la calcite rhomboédrique de certains fossiles, n'est rien autre chose que leur substance histologique elle même,—conservée parfois sans modification, avec la structure dont elle jouissait alors qu'elle était vivante.

Il faut reconnaître que c'est là, au premier chef, une assertion de la Science allemande: dès 1826, Hessel a prétendu prouver (1) que chaque article de la tige ou du calyce d'un crinoïde, que chaque plaquette et chaque piquant d'un oursin, correspondent à un *spath calcaire individuel;* et même, que dans les articles de la tige des crinoïdes, comme dans les piquants des *Cidaris,* les axes cristallographiques principaux des rhomboèdres coïncident avec l'axe longitudinal de ces organes. Le fait fut annoncé de nouveau en 1841 par W. von Haidinger (2), et plus tard par une série d'auteurs parmi lesquels nous mentionnerons seulement Gustave Rose et H. C. Sorby.

En 1844 Jamin constata (3) que, quand on examine la structure intérieure des belemnites, on la trouve toujours constituée par un groupement régulier de cristaux de spath, réunis l'un à l'autre par des facettes de jonction très visibles. "La substante tout entière, ajoute-t-il, présente un aspect fibreux et dans chaque partie du fossile, l'axe des cristaux coïncide avec la direction des fibres."

Stelners en 1864 (4) et Quenstedt, dix ans après (5), ont continué ces recherches et ont tenté "d'expliquer ces apparences cristallographiques d'après la structure primitive des squelettes (6)". Zittel lui même, traitant pour son compte (7) de la bélemnite, ajoute cette remarque bien typique: "Comme les bélemnites ne se rencontrent presque jamais comprimées, même dans les roches schisteuses (8),

---

(1) *Einfluss des organischen Körpers auf dem unorganischen, nach geweisen an* Enkriniten, Pentakriniten *und anderen.*
(2) *Abhandlungen K. Cöhm. Gesselschaften der Wissenschaften.* vol. de 1841, p. 6.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des Sciencies de Paris,* XVIII. 680 (1844).
(4) *Neues Jahrbuch für Mineralogie,* vol. de 1864, p. 565.
(5) *Petrefaktenkunde Deutschland,* t. IV, (1874-1876).
(6) Zittel. *Traité de Paléontologie* (traduction française), t. I, p. 319 (1883).
(7) Id. p. 496.
(8) Des échantillons de bélemnites étirées provenant du lias du massif du Mont Blanc, m'ont demontré que cette assertion est parfois nettement contredite par les faits et qu'il y a eu souvent écrasement interne du spath qui remplit le fossile.

on doit admettre que le rostre *était déjà composé de prismes solides, chez les animaux vivants.*" Ce qui, du reste, ne l'empêche pas de dire (1) à propos de *Geotheutis*: "Des restes de la substance musculaire du manteau, marqués de stries transversales et imprégnés de sels calcaires, sont fréquemment conservés, notamment dans le voisinage de la poche à encre."

Mentionnons enfin, dans cet aperçu historique, qu'il n'y aurait pour nous aucun intérêt à faire plus complet, que M. A. Lacroix (2), écrivait en 1909: "Les belemnites sont exclusivement constituées par de la calcite (3)" et ajoutait, queques lignes plus loin, que dans l'osselet des bélemnites les fibres sont disposées perpendiculairement à la surface du rostre", et par suite à leur allongement dans sa portion cylindrique."

C'est à la suite de nombreux incidents de laboratoire, disséminés au cours de longues années, que j'ai été amené moi même à étudier la faculté pétrifiante de la chaux carbonatée, relativement aux organismes en voie de fossilisation et que, peu-à-peu, je suis parvenu à des résultats qui me paraissent d'autant plus dignes d'être résumés et coordonnés qu'ils cadrent mieux avec l'allure générale des phénomènes inlassablement en cours dans la masse de l'écorce terrestre

Avant d'examiner directement les objets dont l'interprétation nous attend, il convient de rappeler quelques caractères fondamentaux des êtres dont la comparaison avec eux s'imposera nécessairement. Ils sont relatifs à l'allure des tissus vivants, dont l'essence paraît être si incompatible avec le plan architectural du réseau des atômes, chez les minéraux, qu'on ne s'explique pas facilement, qu'à côté des minéralogistes qui ont imaginé la curieuse théorie géométrique dont il s'agit, il ait pu se trouver un seul biologiste pour lui accorder son acquiescement

CHAPITRE I.

Caractères antiminéralogiques des tissus vivants.

Contraste entre les minéraux et les êtres vivants.—Sans qu'il y paraisse à première vue, la question qui se présente à nous touche aux problèmes les plus larges de l'Histoire Naturelle tout entière; par exemple à la distinction même qui s'impose entre les "trois règnes" sur laquelle Linné a si magistralement insisté. *Mineralia crescunt;—Vegetalia crescunt et vivunt;—Animalia crescunt, vivunt et sentiunt.*

Ce caractère lui même, que l'illustre législateur de la Nature (*crescunt*) applique également aux trois divisions primordiales, n'est pas identique de l'une aux

(1) *Paléontologie*, t. I, p. 514.
(2) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. IV, p, 446 (1909).
(3) On verra plus bas que j'ai rencontré souvent dans des belemnites de diverses origines jusqu'à 20 pour 100 de silice concretionnée; sans rechercher comment cette substance a pu disparaître dans les lames minces dont on a publié la description, on peut s'étonner que l'analyse chimique y soit restée si profondement indifférente.

autres et la manière de croitre des minéraux diffère à tous égards de celle des êtres renfermés dans les règnes organiques. C'est ce qu'exprime si nettement le contraste des deux expressions, également linnéennes: *juxtapositio* et *intussusceptio*. On peut les traduire en disant que les minéraux s'accroissent en groupant sur eux mêmes, des atomes tout formés errant dans le milieu ambiant et qui coïncident par tous leurs caractères avec les atômes dont ils sont deja composés;—tandis que, aux êtres organisés, ne s'adjoigne rien qui n'eut été prealable, profondement modifie dans toutes ses proprietes pour être devenu *assimilable*.

Le plus simple, le plus élémentaire de tous ces êtres est composé, comme tous les autres, d'un "protoplasma", qui ne se rencontre pas en dehors de lui et dont les éléments ne retournent au milieu minéral qu'après avoir été dissociés, c'est à dire, modifiés et constitués autrement qu'ils ne l'étaient dans "l'organisme".

C'est là une circonstance qui s'oppose à bien des fantaisies d'hypothèses et qui, en particulier, interdit inebranlablement, la supposition que des minéraux peuvent, "en restant des minéraux", prendre part à l'architecture biologique.

Si le language de l'Histoire naturelle contient tant d'expressions qui sont en contradiction avec cette assertion si évidente, c'est qu'au début, on s'est trompé sur la nature et sur les propriétés des cellules et des tissus. Mais, dire, par exemple, qu'un *os* est une association contractée par une matière organique, *l'osséine*, avec des matières minérales, le *carbonate* et le *phosphate de chaux*, c'est commettre une erreur de language qui a la sérieux inconvénient d'entrainer bien souvent, une erreur dans l'interprétation des faits, ce qui est infiniment plus grave.

Pourquoi dit-on que l'os *renferme* du carbonate de chaux? C'est parce que, traité par un acide, l'acide chlorhydrique par exemple, il fait effervescence par suite d'une production de gaz carbonique et qu'en même temps, le liquide se charge de chlorure de calcium. Mais, comment concevoir la présence de la chaux carbonatée, avec sa personalité chimique et minéralogique dans un tissu où l'examen microscopique le plus attentif, ne décèle pas la moindre particule du composé chimique supposé?

Les études physiologiques de leur côté, ne laissent nulle part apercevoir du carbonate de chaux charrié par le sang, pour venir jouer son rôle dans l'édification cristalline;—pas plus que les méthodes embryologiques ne montrent les tissus muqueux du fœtus, devenant successivement cartilagineux, puis osseux, en s'incorporant quelque espèce minéralogique à composition exprimable par une formule chimique, ni à structure cataloguable dans l'un ou l'autre des systémes géométriques dits cristallins.

Aussi, est-ce par abus d'expression, qu'on déclare qu'une coquille de mollusque est formée de *calcite*, et c'est en vain qu'on chercherait à corriger cette inexactitude en reconnaissant que, partout, la chaux carbonatée y est mélangée à des "substances organiques". En realité, il y a là association entre les éléments: calcium, oxygène et carbone qui, pris à part, constitueraient peut être de la calcite—avec les innombrables corps simples, dont l'analyse chimique prolonge inévitablement la liste, chaque fois qu'elle est pratiquée avec plus de précision.

Et que dire des minéralogistes impénitents, qui vont jusqu'à dire comme Gustave Rose en 1858, que tandis que la coquille de l'Huitre est entièrement formée d'une double couche de *calcite,* celle de *Pinna* consiste en une couche de *calcite* enveloppant une couche d'*aragonite!*

Non seulement les caractères optiques ne sont pas ceux que procurent les espèces minérales bien définies, mais la plus petite particule de coquille donne à l'analyse des preuves de sa complication et, par exemple, noircit, par l'apparition de charbon organique, quand on la décompose par calcination dans un milieu non oxydant.

Dans cette direction, il n'y a aucun intérêt à se laisser abuser par les enseignements, souvent illusoires à ce point de vue, de *l'analyse immédiate* qui, malgré ses magnifiques résultats, fréquemment si féconds a d'autres égards, peut donner les idées les plus fausses, quant aux véritables rapports mutuels des éléments chimiques, dans la profondeur physiologique.

A l'inverse de l'architecture cristalline, le tissu vivant est un édifice qui se consomme et qui répare ses pertes, par cela seul qu'il est vivant. Rien ne pénètre par osmose dans la cellule, que parceque ce quelque chose n'y jouit que d'un degré de concentration inférieur à celui qu'il possède dans le liquide ambiant. L'appel réalisé, coûte au contenu cellulaire une certaine dépense d'énergie, qui contribue à *fatiguer* la cellule, à la rapprocher du moment où, l'équilibre de tension s'étant à peu près établi, la vie spéciale qui l'animait disparaît et où elle se dissocie.

Quand on nous dit, que la calcite renfermée dans un rostre de bélemnite, ou dans une radiole d'oursin, remplissait déjà, pendant la vie, les mailles du tissu organique, on nous porte à croire qu'on ignore absolument tout de ce dernier. Il ne consiste pas, en effet, dans les seules parois des cellules, mais avant tout, dans le plasma qui les remplissait et qui n'aurait pas pu les remplir, si la place avait été déjà prise par le minéral cristallisé, dont la seule supposition supprime toute vie cellulaire et par conséquent, toute physiologie.

Au contraire, la mort ayant arrêté les échanges, la matière résultante réduite aux parois cellulaires et qui est spongieuse, offre aux solutions minérales qui imprégnent le sol, des séries de vrais *cristallisoirs,* qui ne diffèrent de ceux que tout le monde admet, que par leurs formes et par leurs dimensions.

Rien de plus facile même, que de comprendre, qu'à coté des microbes conchyliophages, capables de consommer le test tout entier de bien des animaux, il existe des formes encore plus délicates, qui se bornent à détruire le protoplasma, tout en respectant complètement ou partiellement le réseau des parois cellulaires que nous retrouverons, en effet, si souvent.

Nous ne faisons d'ailleurs ici que mentionner ces sujets, auxquels nous serons, plus loin, inévitablement contraints d'accorder toute nôtre attention.

En somme, attribuer à des êtres vivants des tissus minéralogiquement cristallins, c'est en faire de véritables caricatures, et méconnaître complètement la base fondamentale de la biologie. C'est comme un reste de la foi si longtemps préchée, et si essentiellement contraire à la réalité des choses, que l'Histoire naturelle ne

sera parvenue à l'état de Science parfaite, que le jour où l'on saura la réduire à des résultats mathématiques.

Il s'accentue actuellement et fort heureusement, en conséquence de nouvelles orientations des études, une tendance qui pourrait bien décourager toutes les tentatives d'assimilation entre la constitution des cristaux et l'économie physiologique. Elle a trouvé l'une de ses plus récentes expressions dans un travail de M. F. E. Wright intitulé : *Crystals and crystal forces* (1). On y voit à quel point le concours des énergies, d'où résulte l'état cristallin, contraste avec le concert des forces dont l'être vivant est le foyer. De plus en plus, nous devons regarder toute architecture cristalline, dans un milieu édifié par la vie, comme attestant la disparition de celle-ci, avant le moment où cette architecture a trouvé les conditions favorables à son apparition. Si elle tend à sa manifester dans une cellule comprise dans un tissu normal, c'est que cette cellule est en dégénérescence.

Présence exceptionnelle de cristaux dans l'organisme.—Les faits précédents, en effet, n'empêchent pas de reconnaître que des cristaux peuvent pendre naissance à l'intérieur de certaines cellules parfaitement vivantes : mais c'est, au moins d'ordinaire, par un mécanisme pathologique et, dans tous les cas, à la condition expresse que les cristaux produits se comporteront comme des corps étrangers. (2).

L'un des types les plus nets de ce genre de productions, comprend les *raphides*, ou faisceaux de fines aiguilles qui se développent dans les cellules de quelques plantes comme *Colocassia*. Dans *Aloës, Agave, Rumex, Lemna* (lentille d'eau), ils consistent en oxalate de chaux et leur mode de production, aux dépens des éléments du protoplasma, est éminemment facile à comprendre. Il nous importe beaucoup de constater que, parmi les substances qui peuvent donner ces cristallisations, que Weddel avait designées sous le nom de *Cystolithes*, figure le carbonate de chaux, dont il compare la production, toute microscopique qu'elle soit, à celle des stalactites dans les cavernes. Il s'agit de miniscules agrégats de cristaux orientés dans toutes les directions autour du centre de leur groupement. La bette et le caouchouc (*Ficus elastica*), montrent fréquemment de ces druses, suspendues à un prolongement vers le milieu de la cellule envahie et qui admettent toujours et d'une façon nécessaire, une forte proportion de matériaux organiques.

Les semences oléagineuses du Ricin, du Lupin, du Noyer, etc., renferment parfois des grains d'*aleurone*, dans la substance ou au voisinage desquels on observe très fréquemment des petits corps dits *cristalloïdes*, pour rappeler leur aspect : ce sont des composés essentiellement albuminoïdes et qui, en conséquence, ne sont aucunement des minéraux. Dans les Orobanches et, par exemple, chez *Lathrea squammaria*, on rencontre parfois des cristalloïdes dans les cellules à chlorophylle.

Enfin on sait que chez les Graminées il se fait fréquemment des concrétions siliceuses, qualifiées de *tabaschirs*, ou *tabasheer*, qui ne sont point cristallisées et

(1) *Journal of the Washington Academy of sciences*, vol. VI, n.° 11 juin 1916.

(2) Ces remarques concernent même la production des *calculs*, concrétés en dehors de la cavité générale, c'est à dire dans le tube digestif et dans le canal respiratoire des animaux, où des matériaux peuvent pénétrer directement, mais toutefois en subissant encore les conditions relatives aux phénomènes osmotiques. C'est pour cela qu'ils donnent encore du charbon par distillation.

qui renferment d'après Fourcroix et Vauquelin, 30 p. 100 de chaux, potasse, eau et *matière végétale*: ces calculs ne se sont du reste pas produits dans les tissus, mais dans de grands vides, comme les entrenœuds des chaumes.

En tous cas, aucun de ces faits ne peut intervenir dans l'interprétation des phénomènes que nous avons en vue, et par exemple, dans l'examen des belemnites et de la masse de calcite clivable qui en remplit toute la capacité.

Description rapide de quelques termes de comparaison.—Pour être complètement renseignés, quant aux condition générales du tissu animal à l'égard de sa calcification, il est de toute nécessité de jeter un coup d'œil rapide sur la manière d'être de quelques types de la faune actuelle, mollusques et échinodermes, dont la comparaison avec les fossiles nous sera d'un secours décisif.

Comme nous l'avons vu précédemment; la tendance générale, tant chez les géologues que chez les zoologistes, est d'y voir des produits minéralogiques et, comme nous l'avons constaté également, cette conclusion pour qui y réfléchit, prend un caractère d'incompatibilité formelle avec toutes les exigences physiologiques, qui le rendent certainement inacceptable. Répétons que le tissu de la coquille a été constamment, pendant qu'elle était vivante, le point de rencontre d'atômes venant du dehors pour remplacer des atômes qui, ayant fonctionné, sont rejetés dans le milieu ambiant. Par exemple, un atôme de calcium étant contenu à un état de combinaison convenable, dans le liquide interstitiel des éléments anatomiques, il a cédé aux attractions osmotiques pour traverser la membrane cellulaire et il a rencontré dans le protoplasma de celle-ci, des substances avec lesquelles il a contracté une association spéciale, en rapport avec la qualité du milieu, d'où est resulté le genre d'activité physiologique s'exerçant dans le même point. Et non seulement il s'est réalisé ainsi un état chimique propre à la cellule, mais encore il s'est echaffaudé une disposition structurale qui est tout aussi essentielle.

Durant l'histoire du tissu, dont les cellules se remplacent continuellement, mais qui, à côté de l'autonomie de ces cellules, présente comme une autonomie d'un ordre plus large, la portion relative des diverses espèces d'éléments attirés et rejetés peut changer, et les propriétés du tissu se transformer, en conséquence. Pour continuer notre exemple, la proportion de calcium peut augmenter, pendant que l'être dont le tissu (ici c'est la manteau secréteur) est partie intégrante, avance en âge, et c'est de cette manière que le test, d'abord sans consistence chez l'embryon, est devenu de plus en plus résistant, mais sans que le calcium cesse de figurer dans la liste des matériaux constitutifs, sans que ce métal cesse d'y être associé à toute la série des autres éléments et surtout sans qu'il franchisse la limite qui sépare les composés biologiques des composés minéralogiques.

Ce point de vue que nous ne pouvons que toucher ici, a, selon nous, autant d'importance qu'on lui en a méconnu. Un petit nombre d'exemples nous suffira pour que l'on comprenne bien le but spécial que nous poursuivons.

Avant tout, il importe de nous édifier, quant à la manière d'être des coquilles de mollusques, a cause du nombre et de la variété de leurs espèces dans le

monde paléontologique. On a beaucoup écrit sur la constitution des tests des pélécypodes, des gastropodes, des céphalopodes, et dans tous les cas, on est arrivé à la notion que la coquille est une production palléale, ce que nous pouvons traduire en disant qu'elle représente quelque chose de comparable à un épiderme protecteur du manteau.

Les préparations microscopiques prélevées dans des coquilles fraiches d'huitres, d'escargots ou de nautiles, y montrent un tissu formé de longues cellules, plus ou moins prismatiques, dont les parois membraneuses sont extrêmement minces et dont le protoplasma, de composition infiniment complexe, se signale par une forte proportion de calcium, de magnésium, de carbone, de phosphore, etc., etc., qui lui communique une grande solidité, une apparence pierreuse et qui le prive de toute flexibilité. Ce protoplasma est donc en forme de prismes rangés les uns contre les autres, mais il est constamment baigné dans une faible quantité de liquide qui ne lui parvient que par osmose et qui circule lentement dans toute sa masse pour y procéder au *renouvellement* des matériaux épuisés, par des éléments nouveaux. On ne voit rien de comparable dans l'intimité d'un cristal, où des liquides de circulation ne peuvent produire que des corrossions. Carpenter (1) constate que les prismes protoplasmiques sont, quant à leur longueur, à leur largeur et à leur forme, très variables selon la région d'une même coquille. Il les considère d'ailleurs tout naturellement, d'après ce que nous disions plus haut, comme étant de nature calcaire, mais il note que, disposés les uns à coté des autres, normalement à la surface de la coquille, ces prismes ne sont pas déformés par pression réciproque,—réflexion singulière, quand on se place comme nous le faisons, au point de vue ordinaire de l'histologie. "Leur diamètre, dit-il, reste parfois constant sur toute leur étendue, parfois les prismes, amincis à leur extrémité, s'intercalent entre d'autres prismes, et amènent ainsi dans leur disposition plus ou moins d'irrégularités." Pour notre part, nous sommes frappés de l'analogie de ce tissu, pourvu qu'on fasse abstraction de sa consistance, qui est bien secondaire, avec la disposition très fréquente des cellules dans toutes sortes de tissus mous et, par exemple, dans celui des feuilles des plantes vivantes où les épithéliums pavimenteux entre autres, sont à mailles prismatiques fort ressemblantes.

Le fait que les Chitons, ou Oscabrions, du groupe des polyplacophores, ont les tests de leurs coquilles traversés par des organes sensoriels suffit à montrer que ce tégument constitue reéllement un tissu véritable et non pas une production minéralogique et nous insistions vivement sur cette circonstance, qui devra se représenter à notre esprit, lorqu'un peu plus loin, nous aurons à comparer les fossiles aux coquilles vivantes.

Avant d'en arriver là, il convient de nous arrêter à quelques types d'animaux et spécialement à un céphalopode et à un échinide.

Remarques sur l'os de seiche.—Dans ce but, j'ai cherché à me faire une

(1) *Reports of the britisb Association for the advancement of Sciences,* (1843), p. 71 et (1844) p, 1.

opinion personnelle quant à l'anatomie de l'*os de seicho* (*Sepia officinalis*) qui est parmi les objets zoologiques actuels, celui qui se rapproche le plus, selon toutes les vraisemblances, du rostre des bélemnites et qui a fixé en consequence, l'attention de plusieurs observateurs que nous aurons à citer plus loin. J'ai ainsi obtenu une base pour l'interprétation des céphalopodes secondaires. En passant, je rappelerai que le Dr. Fischer décrit cet organe si fréquemment rencontré de la maniére suivante: "Coquille interne (sépion ou sépiostaire) aplatie, consolidée par des depôts calcaires plus ou moins abondants et formant des vacoules, terminée en arrière par une sorte de cavité ventrale, imparfaitement chambrée, sans siphon. Les vacuoles du sépion continnent presque uniquement l'azote, avec un très faible proportion d'acide carbonique" (1).

Au point de vue de la composition chimique, l'os de seiche se signale par certaines ressemblances avec un os de vértébré. Placé dans l'acide chlorhydrique dilué, il se comporte comme celui-ci: il alimente une active effervescence et le liquide se charge de beaucoup de substances, parmi lesquelles domine le chlorure de calcium; les réactions classiques y font reconnaître l'acide phosphorique, en faible quantité, et beaucoup d'autres matiéres en proportions variées.

Quand la réaction est terminée, c'est à dire, quand le gaz carbonique cesse de se dégager, on s'aperçoit que le sépiostaire a complétement perdu sa consistence initiale, mais qu'il a gardé intégralement sa forme: c'est comme un os de bœuf ou de mouton, qu'on a mis séjourner dans le même liquide corrosif et la metière résiduelle molle, ressemble à l'osséine. De plus, l'expérience provoque la séparation très facile, d'une plaque d'une variété de conchyoline correspondant à la face plane de l'organe étudié, qui est beaucoup plus compacte que la substance qui fait la grande épaisseur du sépiostaire et dont on connait la structure essentiellement légère et spongieuse. Cette plaque, en se détachant et pendant qu'elle est humide, prend l'apparence de la "plume" du calmar, translucide comme elle. Il nous importe extrémement, pour la suite de notre sujet, d'ajouter que l'experience décrite donne lieu à la mise en liberté, entre la plaque et le corps spongieux qu'elle recouvre, d'une et parfois de plusieurs membranes, d'une prodigieuse finesse, constituées en majeure partie par des *spicules siliceux* dont je n'ai jamais vu, juqu'ici, la mention nulle part. Au microscope ces spicules ressemblent très intimement aux fils capillaires si connus de diverses éponges hexactinelles actuelles, comme *Euplectella, Hyalonema, Holtenia, Pheronema,* etc. Ils constituent par leur réunion une pellicule, soyeuse et d'un blanc pur dont l'aspect est des plus élégants. Son principal intérêt est de nous préparer à la constatation chez de mollusques fossiles, comme *Belemnites,* de certaines silicifications dont ils pourront élucider l'origine.

Les lames minces taillées perpendiculairement à la grande longueur de l'osselet, d'ailleurs supposé à l'état naturel, c'est à dire, sans l'intervention de l'acide,

(1) *Traité de Conchyliologie,* p. 355, 1 vol., in. 8 Paris. (1887)

montrent que l'osselet est formé d'un tissu à larges mailles très regulièrement ordonnées. Des cloisons minces et très continues, paralléles à la surface compacte, sont perpendiculaires à d'autres cloissons bien moins régulières et comme déchiquetées (sans doute par le microtome). Ce double système délimite des cellules quadrangulaires beaucoup plus longues (c'est à dire selon les cloisons discontinues) que larges (c'est à dire selon les cloisons continues) qui, dans la lumière polarisée, sont bien visibles, mais peu brillantes et ne manifestent aucune extinction pas plus qu'aucun maximum d'éclat. Les petites cloisons sont, au contraire, formées d'une matière irrégulière, quelque peu granuleuse, très brillante et très polychrome et s'éteignent, d'une manière indépendante les unes des autres.

Nous verrons tout à l'heure que cette anatomie correspond, dans ses traits essentiels, à la microstructure des bélemnites, à cela près que la distribution cylindrique y remplace une ordonnance parallèle à la grande face de l'os de seiche et surtout qu'on n'y voit aucune apparence d'un tissu cristallin, de telle sorte que les analogies sont bien plutôt avec tous les tisus cellulaires normaux fournis par les plantes et les animaux.

En somme, et comme les coquilles externes mentionnées tout à l'heure, le sépion nous présente un tissu formé de cellules prismatiques, dont les parois sont constituées par une substance membraneuse apte à favoriser, au travers de son épaisseur, des échanges osmotiques et renfermant un protoplasma, quoique bien moins compacte et bien moins résistant que celui des pélécypodes mentionnés précédemment, constitué, comme lui, par un liquide dans lequel se sont concrétées des granulations incolores très facilement solubles dans les acides, avec effervescence et avec suspension de substances albuminoïdes.

Remarques sur la radiole d'Heterocentrotus.—Des faits intéressants pour notre but, sont procurés par l'examen des tissus constitutifs des plaques composant le test des oursins, aussi bien que les radioles que les hérissent. En particulier j'ai trouvé grand intérêt à l'examen des coupes pratiquées en diverses directions dans les téguments d'*Heterocentrotus trigonatus* Agass., dont mon savant collègue au Muséum, M. le prof. Joubin m'a aimablement procuré d'excellents échantillons, et que je remercie vivement.

Les plaques qui compossent le test de ces animaux, manifestent une structure cellulaire très regulière où l'on distingue, avec une apparence qui rappelle un peu les caractères de l'os de seiche, des lits parallèles à la large surface des plaques, de cellules prismatiques, plus minces dans la direction perpendiculaire.

La coupe transversale des radioles montre un tissu cellulaire d'une régularité extrême, dont les directions principales sont fixées par des enveloppes concentriques, ayant la forme des radioles elles-mêmes, et par des cloisons radiales qui les recoupent transversalement. La composition du protoplasma est notablement différente de celle du contenu des cellules du sépiostaire, et, même avec les acides les plus dilués, on ne peut réaliser la disparition de la portion effervescente, sans amener la désagrégation des parois cellulaires dont on ne retrouve dans le liquide

corrosif, que des lambeaux plus ou moin informes. L'enveloppe générale de la radiole, de nature membraneuse et malgré la solidité qu'elle présente à l'état sec, disparaît elle même et un abondant pigment colore le dissolvant en pourpre violacé.

Remarques sur le squelette des polypiers.—L'examen microscopique conduit à reconnaître une ressemblance histologique très remarquable entre les polypiers actuels et le sépiostaire. Des deux parts se montre un système de bandes parallèles entre elles, transparentes et actives sur la lumière polarisée.

Les couleurs de polarisation, entre les nichols croisés, sont très vives, mais très peu étendues en surface et il en résulte une mosaïque très brillante dont chaque élément change de nuance, dès que la préparation tourne autour de l'axe de l'appareil. On ne peut songer à comparer chacun de ces éléments à un "cristal"; c'est une granulation sans forme géométrique et dont l'analyse chimique révèle la constitution très complèxe, où abonde la "matière organique", selon l'expression courante.

CHAPITRE II.

Caractères généraux des fossiles calcaires

En possession, maintenant, d'une base comparative, fournie par des êtres actuellement vivants, nous pouvons espérer d'obtenir la notion précise de quelques circonstances du mécanisme de la fossilisation calcaire. Elles concerneront spécialement, la structure des tests, et leur composition chimique.

Etat cristallin des tests calcaires fossiles.—Les conséquences les plus larges de la paléontologie basée, grâce au génie de Cuvier, sur les lois de l'anatomie comparée, empêche de douter de l'intime ressemblance de certains fossiles, même très anciens, avec certains animaux de la faune qui nous entoure, et l'analogie morphologique doit nous conduire à la conviction que la physiologie n'en a pas changé d'une époque à l'autre.

Par exemple, après les détails acquis, quant à la ressemblance de la bélemnite avec la seiche d'aujourd'hui, en ce qui concerne la forme générale du corps et la possession d'un bec masticateur, de bras acétabulifères et même d'un sac à encre, procurant à l'un comme à l'autre de ces mollusques, la faculté d'échapper à la poursuite de leurs ennemis dans des eaux artificiellement troublées, nous ne pouvons douter que la physiologie a dû rester, des uns aux autres, sans aucune différence notable et que, par conséquent, la structure histologique devait être la même.

La méthode de contrôle qui se présente à nous, consiste donc à rechercher dans la bélemnite, tous les indices d'une ressemblance ou d'une différence essentielle avec la seiche. Dans le cas de différences, petites ou grandes, il faudra s'attacher, avant d'en conclure que l'anatomie et par conséquent la physiologie

contrastaient, d'un cas à l'autre, à s'assurer que les conditions mêmes de la fossilisation, ne sont pas intervenues pour altérer une identité primordiale.

A cet égard, nous aurons grand avantage à faire précéder ce qui concerne les organismes animaux qui nous préocupent surtout, par un coup d'œil rapide sur quelques spécimens de bois pétrifiés par le calcaire, c'est à dire, *calcifiés*.

* * *

Bois calcifiés.—La plupart des bois pétrifiés sont silicifiés: c'est par exception qu'on en trouve qui ont été minéralisés par de la calcite. Et c'est au point, qu'ils sont généralement méconnus: M. Lacroix qui, dans sa *Minéralogie de la France* (1) a consacré tout un paragraphe à la "calcite des êtres organisés" n'a pas l'air de se douter de leur existence, car il ne cite comme calcaire d'origine botanique, que les amas d'algues incrustantes (lithothamniées, etc.) qui, sans être calcifiés, font parfois des massifs volumineux dans les océans de toutes les époques.

On sait avec quelle perfection la structure des tissus végétaux a été conservée dans les échantillons silicifiés et on peut rappeler comme tout à fait typique, la découverte, par Adolphe Brongniart et Bernard Renault, dans les graines silicifiées de cycadées houillères, de la *chambre polinique*, non soupçonnée chez les cycadées modernes où elle n'a été constatée que grâce au fil conducteur fourni par les fossiles. On sait aussi, les impérissables travaux de Renault sur les silex *xyloïdes* d'Autun, de Grand'Croix, de Saint Etienne et d'autres lieux.

Il ne faut cependant pas oublier qu'en certains cas, une *calcification* véritable s'est realisée dans la substance de bois fossiles, avec conservation parfaite de la structure botanique. On en a décrit des exemples à divers niveaux stratigraphiques: Gœppert (2), en mentionne dans plusieurs localités tithoniques autour de Solenhofen, en Bavière. Boué en cite qui provenaient d'Oxford; d'autres furent rencontrés dans le Vicentin, à l'époque où Jules Desnoyers publiait (3) une notice sur *la tartuffite ou bois calcaire à odeur de truffe*, des carrières d'Ecouché et de Fresnay-le-Buffard, auprès d'Argentan (Orne), ainsi que de celles de Croisilles et de Cursy, dans le Calvados. Plus recemment, M. le Dr. Raymond, de la Société géologique de France, a déposé au Muséum, des échantillons analogues, mais sous le nom de *truffite* et provenant d'une localité du midi de la France.

Pour ma part, j'en ai examiné naguère de très beaux échantillons, adressés au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, comme "*débris de vigne petrifiée*" trouvés auprès de Pontaubert, dans le département de l'Yonne (4). Sans nous arrêter à leur détermination botanique, qui n'a pas été faite et qui n'aurait ici aucune importance, nous avons intérêt à rappeler quelques particularités de leur structure, en rapport avec la pétrification qu'ils ont subi.

---

(1) t. III, p. 441.
(2) Cité par Schimper *Paléontologie végétale*, p. 105.
(3) *Annales des Sciences Naturelles*, t. I, (Paris).
(4) *Le Naturaliste*, du 15 décembre 1899, p. 281.

D'une façon générale, le bois de Pontaubert a été fortement altéré; cependant, en certaines régions, la structure ligneuse en est très nettement conservée et bien visible. La composition chimique des échantillons est celle de la calcite, incolore et limpide, parfois en géodes discernables à l'œil nu et toujours admirablement cristallisée. En lames minces, on reconnaît une association des plus intimes entre les portions presque exclusivement minérales d'où l'anatomie a disparu et des régions où, malgré l'imprégnation totale par la chaux carbonatée, le tissu végétal n'a éprouvé aucune modification dans l'association de ses cellules. De larges plages de calcite, uniformement orientée cristallographiquement, s'étendent au travers des éléments anatomiques. En bien des points, des fragments ligneux bien conservés sont pris dans des zônes de calcite, limitées par des clivages rhomboédriques réguliers: fait qui présente un vif intérêt, en montrant, contrairement à certaines assertions imprudentes, que l'homogénéité est compatible avec le caractère épigénique de la calcite. On verra plus loin l'applications de cette remarque. Ajoutons seulement que, çà et là, la calcite qui a envahi le tissu végétal, est mâclée selon b^1, de façon à rappeler, à première vue, l'allure des feldespathe tricliniques dans les roches cristallines. Les forces minéralogiques n'ont donc été aucunement entravées dans leurs manifestations par le réseau ligneux.

* * *

Tests de mollusques calcifiés.—Parmi les innombrables variantes que présentent les coquilles fossilisées de mollusques de tous les âges, nous nous arrêterons spécialement sur celles qu'on désigne sous l'appellation des bélemnites (1), et nos *préliminaires historiques* nous dispensent d'insister sur les causes de notre choix.

Ainsi que nous l'avons rappelé, les bélemnites nous frappent par la facilité avec laquelle elles se *clivent* sous le choc du marteau: ces fossiles, quoiqu'incontestablement animaux, se comportent en cette circonstance, à peu près comme le font divers minéraux des mieux caractérisés et, avant tout, le spath d'Islande, dont la réduction accidentelle en rhomboèdres de clivage a révélé, dit-on, à l'immortel Haüy, toute l'économie des cristaux et la base même de la minéralogie. Mais il faudrait être bien superficiel, pour ne pas reconnaître que cette allure, si différente de celle que nous a montré l'os de seiche, est associée chez le vestige secondaire à une histologie extrêmement analogue à celle du céphalopode actuel.

Pour le bien voir, il faut—sans préjudice d'observations chimiques qui seront indiquées plus loin—pratiquer des coupes minces dans diverses directions convenablement choisies,—et les étudier au microscope. On constate alors très distinctement, des indices de tissu organique, plus ou moins abondant suivant les cas, et toujours comparable à l'histologie du sépiostaire.

Sur les sections perpendiculaires à la longueur, on découvre, autour d'un

(1) Bien que j'aie étudié de très nombreuses bèlemnites provenant de localités géographiques et d'époques géologiques très variées, j'ai été porté de préférence à m'occuper de *Belemnitella quadrata* de la craie senonnienne d'Hardivillers (Oise) dont je me trouvais abondamment pourvu.

point a peu près central, dont la signification nous occupera tout à l'heure, des cercles concentriques plus ou moins equidistants que Zittel (1) qualifie de "lignes d'accroissement" et qu'il regarde comme formées par les couches calcaires "*qui se sont déposées au cours du développement*". A notre avis, c'est au contraire l'analogue des strates de cellules que nous a presentées *Sepia*, mais qui, au lieu d'être parallèles à la face dure du mollusque actuel, son influencées par la forme cylindrique de *Belemnites*.

Sur les sections pratiquées selon l'axe, cette manière de voir devient très évidente: comme Cesaro l'a revu il y a plus de quinze ans (2), la calcite est déposée en cônes emboités les uns dans les autres; seulement ce naturaliste a cru voir des "fibres minérales" là où, en réalité, il existe des enveloppes membraneuses qui délimitent les assises successives des cellules. On verra tout à l'heure comment des observations plus attentives conduisent à reconnaitre dans l'intérieur de la bélemnite, un appareil, non pas fibreux, mais tubulaire, disposé autour de l'axe d'une façon qui n'a rien à voir avec la minéralogie.

Il importe ici, à plusieurs égards, de faire una courte digression historique, quant ce ne serait que pour rendre hommage à un savant spécialement méritant et pour constater en même temps combien la mémoire est courte de certaines découvertes dont l'interêt est cependant incontestable.

Dès 1830, un professeur à la faculté des sciences de Strasbourg, qui était alors française, P. L. Voltz, s'attacha à démêler malgré de très grandes difficultés, l'anatomie de dix sept espèces de Belemnites, qu'il avait reconnues. Il arriva, par divers artifices, a réveler chez ces fossiles une tout autre structure que le reseau rhomboédrique de calcite qui les a petrifiées. En usant à la meule des surfaces planes qu'il examinait à la loupe, en provoquant des arrachements par des chocs et aussi en étonnant subitement dans l'eau froide, de rostres qu'il venait de chauffer au chalumeau, il recueillit d'innombrables notions qui sont consacrées par les huit planches lithographiées qu'il a ajouté à son texte de 70 pages en 4.° (3). Cependant, en dépit de toutes ces circonstances, on peut dire que personne aujourd'hui, même parmi les spécialistes, ne connaissent ce beau travail. Et c'est ainsi que Zittel émet la théorie cristallographique du rostre, sans même se rappeler que le Mémoire de Voltz est cité dans sa propre liste bibliographique, trahissant évidemment la confiance *aveugle* avec laquelle il a étalé cette érudition apparente: car s'il mentionne le nom de l'auteur, c'est sans avoir même feuilleté son œuvre.

En conséquence il faut bien reconnaître désormais que le réseau visible dans les coupes minces, sous la forme des lignes orientées d'une façon, evidemment très régulière, est dû à la conservation plus ou moins complète de tissu animal très analogue à celui de la seiche et ressemblant encore plus, par l'architecture généra-

(1) *Traité de paléontologie* (traduction française), t. II, p. 494.
(2) *Annales de la Société géologique de Belgique* (mémoires), t. XVII—Liège 1899.
(3) *Observations sur les Bélemnites* (extrait du *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Strasbourg*). in 4.°, Paris (1830).

le, à celui des radioles d'oursin, dont *Heterocentrotus* nous a procuré un type si parfait parmi les êtres actuels.

Enfin ajoutons que, dans nombre d'échantillons, on voit le rostre pourvu d'une couche tectrice, très mince, que Zittel décrit (1) comme présentant parfois "des empreintes vasculaires".

D'ailleurs, tout celà n'empêche pas la minéralogie d'avoir actuellement imprimé à l'architecture de la bélemnite un cachet tout à fait prépondérant, au point que certaines coupes axiales, rappelant des sections du bois de Pontaubert, montrent la succession des cornets membraneux, traversée avec une régularité parfaite, par les lames alternatives de la calcite hémitrope.

* * *

Tests d'échinodermes calcifiés.—Les conclusions relatives aux bélemnites, se répétent presque sans variante, pour les échinodermes fossiles, comparés à leurs congénères vivants. Aussi pouvons nous nous borner à leur égard, à une mention d'autant plus concise que nous y avons fait allusion dès nos *préliminaires.*

Déjà nous avons dit que plusieurs auteurs attribuent à la calcite qui les pétrifie si souvent, une origine biologique et même la qualité de tissu normal. C'est à ce propos que M. Lacroix a écrit (2): "La caractéristique essentielle des échinodermes est que chaque pièce calcaire de ceux qui possèdent un test (échinides, crinoïdes, stellérides), chaque spicule de ceux (holothurides) qui n'ont pas de squelette siliceux, est constituée par un *cristal unique,* ayant une orientation uniforme et définie". "Si, continue l'auteur, au lieu de considérer une pièce en particulier, on étudie ses rapports avec ses voisines, on constate qu'un oursin est, en réalité, constitué par un *groupement de cristaux,* liés les uns aux autres par des relations que j'ai pu définir, grâce à l'étude de quelques échantillons particulièrement intéressants."

Ces échantillons particulièrement intéressants, sont des tests d'oursins crétacés, herissés de pointements cristallins formés de rhomboèdres de calcite, qui occupent une place de l'espace où, pendant la vie, étaient distribués, à l'intérieur du test, les organes les plus indispensables à la vie des oursins. Il résulte de la définition que nous venons de rappeler, la conception, d'ailleurs très vague, d'une physiologie crétacée où les phénomènes osmotiques si fondamentaux à l'époque actuelle auraient évidemment été impossibles.

Il est vrai que l'examen de la calcite spathique dont il s'agit, "permet généralement encore de distinguer les détails de la structure histologique primitive": mais la contradiction qui en résulte n'en est que plus frappante, ainsi que nous ne pourrons nous dispenser de la constater, quand il nous faudra tenter de comprendre le mécanisme de la calcification.

Quant aux vestiges de la constitution histologique, persistant, malgré la

(1) *Paléontologie,* t. II, p. 494.
(2) *Minéralogie de la France et de ses colonies,* t. III, p. 443.

"spathisation", ils sont chez les échinides extrêmement nombreux et d'une nétteté remarquable. Pour ce qui est des radioles de *Cidaris* et, par exemple, de celles de *C. dorsata* du trias (Lettenkohle) de St. Cassian (Tyrol) ou de *C. Blumenbachi* du séquanien de Verdun, ont est frappé de la ressemblance avec l'anatomie des piquants d'*Heterocentrotus trigonatus* actuel, antérieurement cité. "Les coupes minces de piquants d'oursin, dit Zittel (1) donnent des images, de beaucoup les plus belles et les plus variées. Ici domine souvent dans le réseau une disposition rayonnée de manière que les piquants semblent composés de feuillets verticaux, perforés, reliés entre eux par des traverses horizontales qui les coupent à angles droits en rayonnant du centre du piquant vers la circonférence. Au centre le tissu possède quelquefois une constitution quelque peu grossière; il y a même des formes fossiles avec un axe complètement creux.

Les crinoïdes nous ont procuré des résultats complètement comparables: des calyces et des tiges d'*Apiocrinus* du Coral-rag de la pointe du Ché (La Rochelle), de *Poteriocrinus* du carbonifère du Würtemberg, de *Rhodocrinites verus* du dévonien du Derbyshire ont montré des restes de tissu cellulaire, associés à une cristallisation rhomboèdrique très parfaite.

Chez le dernier de ces fossiles, dont la tige que nous avons éxaminée, mesurait 23 millimétres de diamètre, on constate une structure cristalline très large, où des bandes alternatives consistent, les unes en calcite traversée par des clivages régulièrement parallèles entre eux et perpendiculaires aux bandes; pendant que les autres, d'épaisseur égale, sont concassées par des clivages orientés en diverses directions. Il y a là des mâcles et des associations évidemment très compliquées.

Présence de matière organique dans certains fossiles calcifiés.—Il nous sera très utile, pour la suite de nos études, d'avoir rappelé que les fossiles calcifiés, animaux ou végétaux, renferment fréquemment de la matière organique. C'est avant tout, ce que depuis bien longtemps, on a constaté pour des ossements, même parmi ceux qui remontent à une antiquité géologique très réculée. En outre, la matière organique dérivant de la fossilisation, peut se retrouver dans la pâte des roches encaissantes des fossiles et parfois même en quantité considérable. C'est ce qui a lieu pour la subtance des marbres noirs paléozoïques, sur lesquels plusieurs auteurs, et par exemple M. Spring, ont publié des recherches précises.

Dès 1890, sur la demande de M. le Marquis de Folin, j'ai publié des résultats chimiques, rélatifs aux tests fossilisés de diverses catégories d'animaux et spécialement des foraminifères, des mollusques et des crustacés (2). En traitant ces fossiles par l'acide chlorhydrique dilué, et spécialement ceux de *Nummulites lævigata*, de *Milliolites* diverses, de *Cytherœa splendida* et de *Psammocarcinus Hericarti*, j'en ai rétiré une matière organique azotée: c'est un résidu des animaux, correspondant pour le règne animal, aux combustibles charbonneux d'origine végétale.

---

(1) *Traité de paléontologie*, t. I, p. 318.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CX, p. 597 (1890).

Après avoir constaté la présence, on peut dire constante, de ce résidu de substance ayant vécu, il est intéressant de chercher quelle situation elle occupait dans les organismes. C'est ce que des expériences chimiques associées à l'observation de coupes minces, convenablement dirigées au travers des échantillons, permettent quelquefois de réaliser. Il est alors facile d'apprécier l'importance directe des études analogues, faites sur des êtres actuels comparables aux fossiles et sur lesquelles nous avons insisté au commencement de ce travail.

Nous avons vu aussi que la structure des fossiles n'est que bien rarement effacée d'une manière complète par la calcification; mais, alors même qu'elle semble détruite, on en remet souvent des vetiges en évidence, par la dissolution du spath: alors on reconnait que le tissu fossilisé n'a pas perdu ses caractères organiques. Par exemple, le tets de *Trichites* (*Pinnigena*) *Saussurei*, si remarquable par sa structure finement fibreuse et par sa friabilité, dégage par calcination à l'air une odeur nettement organique, sa solution dans l'acide chlorhydrique étendu présente un aspect albuminoïde et devient mousseuse par l'agitation. La poussière de cette même coquille tenue en suspension dans l'eau que traverse un courant d'acide sulfureux, abandonne au liquide une substance qui se coagule par l'ébullition après la filtration, de façon à ressembler à un blanc d'œuf traité de la même manière. Le résultat est pareil à celui que donne la poussière du sépiostaire placée dans les mêmes conditions.

Peut-être le procédé le plus sensible, pour démontrer la présence de la substance dite organique dans les tests fossiles, consiste-t-elle à calciner ceux-ci, *à l'abri du contact de l'air*, opération qui change plus ou moins leur couleur, qui passe au gris plus ou moins foncé; puis à reprendre la chaux decarboniquée qui en résulte, par un peu d'acide chlorhydrique. Alors la nuance du résidu est analogue à celle du charbon lui même et c'est, en effet, du *noir animal* qu'on a produit ainsi.

De très nombreux essais sur des fossiles très variés comme bélemnite, baguettes et plaques d'oursins, calyces et tiges d'encrines, fragments de polypiers de tous les âges, ont donné le même résultat, d'où l'on peut conclure que la proportion de substance animale, conservée dans la totalité de l'écorce sédimentaire du globe, est bien plus considérable qu'on ne se la figure ordinairement. Sans qu'on puisse risquer à cet égard une évaluation, on est préparé à constater un jour que, dans sa totalité, cette masse de combustible disseminée dans les dépôts sédimentaires à l'état d'extrême éparpillement, pourrait correspondre à l'ensemble de combustibles d'origine végétale comme les houilles, les lignites et les anthracites, qui sont au contraire concentrés dans un petit nombre de localités d'éléction.

Rappelons, avant de quitter ce sujet, que la conservation de la structure des cellules animales maintenues à l'état de substance organique peut, en certains cas, être realisée avec extrême perfection. C'est ce que m'a montré, il a longtemps dejá (1), *Ostrea Bellovacensis* dans les assises suessoniennes (éocène inférieur) de Choisy-au-Bac. Après macération dans l'eau, les valves laissent voir le ligament

(1) *Excursions géologiques à travers la France*, 1 vol, in 8.° illustré, Paris 1882.

conjonctif de la charnière gonflé, devenu mou, ayant repris les qualités physiologiques et laisant voir au microscope ses fibres constitutives qui paraissent avoir été très peu altérées.

* * *

Caractère explosif de certains fossiles.—C'est au cours d'expériences analytiques destinées à préciser les notions relatives à la matière organique des tests calcifiés, que j'ai observé à maintes reprises le caractère véritablement explosif des fossiles étudiés. Les bélemnites silicifiées dont il sera parlé plus loin, frapperent les premières mon attention : Un petit tronçon du fossile (de préférence l'extrémité pointue du rostre) chauffé dans un tube à essai, à la flamme d'un bec Bunsen et porté ainsi à la température du rouge, crépite avec une telle énergie que des fragments sont projétés en dehors du tube et que celui-ci est fréquemment brisé. Le tuse tapisse, dans ses parties relativement peu échauffées, de petits éclats projetés par l'explosion et quand, en déplaçant le tube dans la flamme, on le poursuit, on voit chacun d'eux se mettre à sautiller et se concasser à son tour et arriver à un état de tenuité extrême.

Cette expérience suffirait à démontrer que la substance qui pétrifie la bélemnite est bien loin d'être de la calcite chimiquement pure, car la calcite ne crépite même pas au feu ; on voit que c'est une association de calcite avec une substance différente, dont la distillation met en liberté une quantité notable de gaz à haute pression.

J'ai proposé de faire de cette calcite rhomboédrique et explosive une variété nouvelle, sous le nom de *Patagosite*, (de l'onomatopée πάταγος dont Planche, dans son *Dictionnaire* (édition de 1817) dit qu'elle a du être originaire du mot français *tapage*, par la transposition du π et du τ (1).

Cette constitution, qui comprend à la fois un tissu organique et un réseau minéralogique, se retrouve dans beaucoup de fossiles calcarifiés, parmi lesquels on peut citer comme exemples : les radioles (*Cidaris*) et les plaques dermiques (*Ananchytes*) d'échinides ; les calyces et les tiges de crinoïdes (*Apiocrinus, Rhodocrinus, Poteriocrinus*), les valves de mollusques pélécypodes (*Inoceramus, Trichites*).

Cependant, la multiplication des expériences montre que tous les échantillons sont très éloignés de se comporter de même vis-à-vis de la chaleur. En outre, je n'ai observé aucune ou presqu'aucune explosion avec divers céphalopodes, comme *Orthoceras* (en particulier sur spécimens provenant du département de la Manche, mesurant 40 millimètres de diamètre et formés de la calcite spathique très pure) avec des Bryozoaires, comme *Monticulipora ramosa*, avec des fragments de divers polypiers. Il est utile de constater que l'os de seiche, pris précedemment comme terme de comparaison, ne manifeste aucune velléité d'explosion par la chaleur.

---

(1) *Comptes rendus sommaires de la Société géologique de France*, séance du 2 avril 1917, p. 38.—Voir aussi l'*Actualité scientifique* liv. de mai 1917. Paris

En conséquence, il paraît bien que la raison de l'explosivité de la patagosite tient à l'occlusion, dans la masse de la calcite épigénique de tout le réseau histologique, conservé véritablement *en vase clos,* sans grande modification de composition et dont la distillation est déterminée par l'application de la chaleur rouge. Si l'on voit, comme l'avons dit, chaque grain de la fine poussière produite par les premiers crépitements, se pulvériser à son tour avec des petits soubresauts qui rappellent la danse de corpuscules électrisés, c'est que l'association de la matière animale avec le carbonate minéral est des plus intimes.

Il pourrait y avoir dans les pisolithes des sources d'Hamman Meskontine (province d'Oran) qui sont explosifs, quelque disposition analogue et par exemple l'influence d'une matière organique provenant de l'eau minérale emprisonnée entre les enveloppes calcaires et pyriteuses, qui dans ces concrétions alternent les unes avec les autres.

Aptitude des tests calcarifiés à provoquer des concrétions siliceuses.—Il nous reste, pour avoir énuméré les caractères principaux des fossiles calcifiés, à signaler leur aptitude à provoquer, au sein de leur propre substance, des concentrations de silice qui peuvent se présenter sous des formes variées et imprévues.

C'est en 1899 que mon attention a été appelée sur ces faits qui, de proche en proche, m'ont fourni un ensemble de résultats qui doit être ici résumé en quelques mots (1). On sait depuis longtemps, que la dissolution d'un fragment de craie blanche dans un acide met en évidence un résidu inattaqué, dans lequel se signalent avec des produits argileux et autres, des granules siliceux et même des débris de cristal de roche. Des observateurs un peu rapides, se sont crus autorisés en conséquence à en conclure que la craie s'est déposée en mer peu profonde, à peu de distance des côtes, les courants devant nécessairement être impuissants à charrier ces minéraux rélativement volumineux et par suite relativement pesants, jusqu'au milieu abyssal des grands océans.

Or, j'ai constaté que ces matériaux n'ont point, comme on le pensait, une origine exclusivement mécanique, mais au contraire, un mode de formation tout à fait différent et qui fait ressortir, une fois de plus, l'unité générale d'allure des anciens bassins sédimentaires avec les mers actuelles.

En effet, il suffit de dissoudre, non plus la craie, mais certains fossiles calcaires renfermés dans son sein comme le test d'*Ananchytes* ou même encore d'*Inoceramus,* pour y découvrir des petits grains insolubles, consistant uniquement en silice, tantôt sous la forme de quartz parfaitement cristallisé, tantôt sous celle d'une variété fibreuse, comparable à la lutécite et à laquelle j'ai proposé de donner le nom de *Zoésite,* pour rappeler qu'un milieu qui a vécu, comme l'épaisseur d'une coquille, parait avoir été nécessaire, ou du moins très favorable, à sa formation.

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris,* t. CXXVIII, p 1013. — Voir aussi: *Comptes rendus de la VIIIe session du Congrès géologique international,* p. 621., Paris (1901).

Selon les échantillons, ces granules sont plus ou moins nombreux; en certains cas, ils se sont associés, agrégés les uns aux autres, de façon à pouvoir représenter jusqu'à 70 p. 100, dans certains fragments du grand *Inoceramus* (*Catillus*) *Cuvieri* de Templeux-la-Fosse; d'autres fois, ils sont très distincts les uns des autres, de sorte que, si les fossiles subissent dans leur gangue l'action d'un dissolvant convenable, ces grains sont exposés à s'isoler et à prendre identiquement l'aspect de sable disséminé dans la craie. A cet égard, j'ai rappéle un niveau crayeux des environs de Lille, que les ouvriers appellent le *banc des soies,* parcequ'il est rempli de débris d'Inocerames écartés les uns des autres. On comprend que ce demantellement ait nécessairement éparpillé, dans la roche encaissante, beaucoup de grains quartzeux, qui, comme on le voit, n'y ont pas été charriés.

En 1905 (1) j'ai fait des observations comparables dans la craie de Margny (Oise), où le phénomène a pris une dimension encore plus grande. Cette fois, il s'agit d'agregats cristallins, mais quartzeux, dont l'aspect est celui de certaines confiseries et qui sont logés dans des cavités très singulières à première vue, très remarquables à la suite d'une étude suffisante et sur lesquelles nous aurons à donner quelques détails, un peu plus loin. Or, on arrive à reconnaître que ce quartz, très apte à la désagrégation, s'est constitué dans les mêmes conditions générales que celui dont les cristaux se sont, si manifestement, engendrés dans l'épaisseur de tests préalablement calcarifiés.

Par exemple, on reconnaîtra que, dans la coquille d'*Ananchytes gibba,* si fréquente dans la craie blanche, des rosettes de zoésite jalonnent les régions ambulacraires de ces spatangues et obéissent par conséquent, au moins dans une certaine mesure, à une discipline qui dérive de l'anatomie même de ces animaux.

Mais, au moins jusqu'à nouvel ordre, c'est au sein de certaines bélemnites que la concrétion siliceuse semble se developper avec la plus grande somme d'intérêt, et le fait mérite d'autant plus d'être souligné, qu'on a en général affecté plus de précision chimique dans la composition de ces rostres, sur laquelle il ne paraît pas y avoir d'hésitation et dont on affirme, comme nous l'avons déjà dit, que la composition, parfaitement définie, est démontrée d'avance par une cristallisation absolument réguliére.

On va voir que mes expériences sont singulièrement éloignées de confirmer une pareille opinion. Quand on abandonne un tronçon de *Belemnitella quadrata* du sénonien d'Hardivillers (Oise) dans de l'acide chlorhydrique étendu de son propre volume d'eau, on assiste à une très violente effervescence et le plus souvent la coquille disparaît complètement au sein du liquide d'ailleurs trouble, mais qu'on regarde comme étant sali par les matières argileuses ou phosphatées recouvrant le fossile, ou engagées dans son phragmocone ou dans ses fissures.

Au contraire, si on place la bélemnite dans le même acide chlorhydrique, mais étendu de 20 ou 40 fois son volume d'eau, l'effervescence est beaucoup plus faible et relativement très tranquille; elle n'empêche plus l'apparition à la surface du

(1) *Bulletin de la Société géologique de France* (4) 218, (1905).

cylindre calcaire, de petites taches blanchâtres bien visibles sur le fond ambré du fossile et qui persistent pendant toute la dissolution qui peut durer 24 à 48 heures.

Si on à opéré sur un tronçon terminal, comprenant la pointe du rostre, on voit, sur la section circulaire, apparaître dans le voisinage de l'axe un petit point grisâtre qui prend peu à peu du relief, jusqu'à dépasser bientôt de plusieurs millimètres la surface de fracture. Le cylindre diminuant de diamètre, on aperçoit, grâce à sa translucidité, un objet grêle et allongé, qui occupe à peu près la ligne de symétrie du fossile et qui devient progressivement de moins en moins indistinct. En même temps, la pointe laisse voir un cône qui l'enveloppe et qui manifeste bien vite son insolubilité complète dans l'acide.

En poursuivant jusqu'à disparition complète de la calcite, cette dissolution, aussi lente que possible, pour éviter les désagregations, on constate que la proportion de silice est très variable d'une bélemnite à une autre. Sans doute elle est parfois très faible et en quelques cas, même négligeable, mais d'ordinaire elle est très sensible et je lui ai vu sur certains tronçons atteindre et dépasser 18 p. 100 du poids du fossile.

Si l'opération a été conduite avec des précautions suffisantes, on isole de la matière du rostre, une sorte de squelette siliceux, dont les caractères me semblent extrêmement remarquables. Malgré des variations plus ou moins notables d'un spécimen à l'autre et qui, à première vue, paraissent tenir à l'intensité variable d'une silicification lente, ce squelette se présente avec les mêmes caractères principaux. Il consiste en deux parties, l'une superficielle, ou à peu près, et l'autre tout à fait interne.

La portion superficielle forme comme une carapace dont l'épaisseur va en augmentant à mesure qu'on se rapproche de la pointe du rostre et elle est relativement résistante, mais qui est si mince à l'extrémité supérieure, qu'il est extrêmement difficile de ne pas la briser et que, souvent même, l'effervescence, toute faible qu'on se soit attaché à la produire, suffit à la désagreger.

Cette coque est d'ailleurs recouverte, chez le fossile intact, par une pellicule calcaire qui la dissimule parfaitement: par exemple une bélemnite frottée sur un morceau de verre à vitre, n'y produit aucune rayure et n'y fait entendre aucun bruit. Au contraire, après une attaque, même très courte, de l'acide, la friction détermine le crissement caractéristique et trace un sillon bien visible, même à l'œil nu.

La coque quartzeuse doit être continue; cependant il est très difficile de la préparer sans qu'elle soit perforée en divers points, ce qui peut tenir à l'effet mécanique du dégagement du gaz carbonique, engendré par la dissolution des régions internes. D'après des faits qui vont être résumés, on paraît en droit de se demander si ce cornet quartzeux ne répond pas à une sorte de test spécial limitant, sous un épiderme, le tissu cellulaire qui remplissait l'osselet pendant la vie du mollusque. Dans certains cas, l'action de l'acide a déterminé, sur la tranche perpendiculaire à l'axe, l'apparition de plusieurs strates concentriques pouvant résulter d'une succession de gaînes coniques, qu'il serait impossible de ne pas

rattacher à la structure intime révélée déjà par l'examen microscopique des coupes longitudinales.

La portion interne de la silicification vient confirmer cette manière de voir: elle consiste en cet axe qui faisait saillie lors du début de la corrosion, sur la section transverse; mais elle comprend en outre, autour de cet axe, des fibres hyalines tant qu'elles sont humides et alors transparentes comme l'axe lui même. Il est tout naturel de comparer leur allure, à la structure si essentiellement rayonnante de la calcite de fossilisation des bélemnites, et de leur attribuer le chatoiement si remarquable des cassures transversales des rostres.

Cette apparition d'un appareil admirable dans sa régularité, dont la fonction reste à déterminer et qui éveille l'idée d'une variété de siphon ou de réseau circulatoire, ne me paraît avoir été mentioné par aucun auteur. Il rappelle l'isolement, devenu classique, de l'armature brachiale chez les térébratules et surtout chez les spirifers silicifiés: d'où l'on peut inférer, qu'il s'est passé dans les tests de ces brachiopodes, les mêmes phénomènes que je viens de décrire et que, par conséquent, les coquilles des vers molluscoïdes méritent de figurer dans la liste des fossiles calcarifiés jouissant de l'aptitude silicifiante qui nous occupe.

On réalise une sorte de synthèse de tous les resultats de détail, en sciant une bèlemnite longitudinelement, c'est à dire, suivant son axe de symétrie et en attaquant une moitié dans de l'acide chlorydrique étendu de 20 fois son volume d'eau. Il se dégage alors de la masse du fossile, une gaîne dont la section d'épaisseur tout à fait uniforme, encadre celui-ci. A son intérieur sont d'autres gaînes plus on moins idéntiques et parallèles à la première. En même temps, et ceci est tout à fait imprévu, il se manifeste selon l'axe lui même, un appareil rectiligne qui rattache la pointe du phragmocone à l'extreme pointe du rostre. C'est un cylindre siliceux qui paraît avoir été tubuleux et duquel irradient dans tous les azimuths, des filaments, également siliceux qui présentent au microscope, la ressemblance la plus intime avec les spicules cités tout à l'heure dans le sépiolaire et qui sont connus de tout le monde dans les éponges hexactinelles. L'ensemble dont il s'agit, tout en confirmant, dans une large mesure, les découvertes de Voltz, y ajoute des notions insoupçonnées par cet auteur et qui témoignent de la délicatesse du phénomène de silicification, pour faire ressortir les caractères distinctifs de tissus associés les uns avec les autres. J'en ai publié récemment une photographie (1).

La rencontre, tout à fait imprévue pour moi, de l'appareil siliceux de *Belemnitella quadrata* m'a, comme on le comprendra sans peine, ramené à l'ensemble des faits cités tout à l'heure et que j'ai publiés en 1899 et en 1900, sur la production de concrétions siliceuses dans l'épaisseur du test des Inocérames, des Ananchytes et d'autres fossiles crétacés (2) et sur le complément que je leur ai donné en 1911, en décrivant la nouvelle variété de silice qualifiée plus haut de Zoésite (3).

---

(1) V. l'*Actualité Scientifique* 7.e année p. 21 (Paris)
(2) *Comptes rendus du VIII Congrès géologique international* (Paris), p. 607. Paris—Voir aussi: Stanislas Meunier, *La Géologie générale*, 2. édition, pp. 108 a 111, 1 vol. in 8.°, Paris 1909– et la même *Géologie biologique*, p. 17, 1 vol. in 8.°. Paris 1914.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des Siences*, t, CVIII, p, 1877. Paris 1911.

C'est en effet encore de zoésite qu'il s'agit dans la bélemnite et avec des détails qui augmentent et qui précisent la signification de mes anciennes recherches.

CHAPITRE III.

Mécanisme de la minéralisation des fossiles calcaires.

Pour compléter l'ensemble des études que nous nous sommes proposé de résumer, il ne nous reste plus qu'a présenter au lecteur la théorie des phénomènes qui se traduisent par la substitution de la calcite à une partie et quelquefois même à la totalité de la substance constitutive normale des organismes maintenant fossilisés. Trois ordres de faits principaux dominent la question : ils concernent successivement : 1.° la rapidité relative de la calcification ; 2.° la nécessité, pour que celle-ci se réalise, de cavités préexistantes dans les roches qui seront le théâtre du phénomène épigénique ; 3.° la collaboration de l'activité microbienne qui trouve un aliment indispensable à son entretien, dans la substance des organismes enfouis dans les vases submergées.

* * *

Rapidité relative de la calcification.—La notion de la durée nécessaire à la calcification, résulte de la perfection fréquente de conservation de certains délinéaments de structure des organismes calcifiés. Les tissus, comme on l'a vu, sont souvent presque intacts, même chez des fossiles fort anciens. Les détails donnés plus haut, quant aux bélemnites, aux radioles d'oursins et aux carapaces de crinoïdes, suffisent pour qu'il n'y ait aucun doute à ce sujet. Mais nous possédons quelques témoignages plus décisifs encore et qui donnent aux précédents toute leur signification.

Je me bornerai à rappeler qu'il existe des bois complètement calcifiés, c'est à dire, minéralisés par de la calcite, admirablement cristallisés et qui datent simplement d'une antiquité historique. C'est ce qu'ont fait connaître les fouilles exécutées, il y a une quarantaine d'années, dans le *puisard Romain* de Bourbonne-les-Bains, décrit par Daubrée et dont j'ai eu l'occasion d'examiner les produits avec ce géologue lui-même. (1).

Des pilotis datant de l'occupation romaine, servaient de fondation à un petit canal de 30 centimètres de largeur, construit en calcaire coolithique, qui amenait l'eau douce venant du sud. Ils étaient fichés à 10 ou 15 centimètres de distance mutuelle, dans une couche d'argile appartenant à la région supérieure du grès bigarré.

Tout en ayant très distinctement conservé leur structure, ces bois sont devenus durs et lourds. La matière minéralogique qu'ils ont absorbée est du carbonate de chaux.

(1) *Etudes synthétiques de géologie expérimentale*, p. 103, in 8 Paris (1879)

Des lames minces de ce bois minéralisé, agissent sur la lumière polarisée, par la calcite cristallisée dont sont impregnés les tissus végétaux. "Au milieu de la calcite lamelleuse, dit l'auteur, se dessine un réseau de parties offrant de la manière la plus nette, la configuration du tissu organique: les cellules, les vaisseaux et les rayons médullaires y sont parfaitement reconnaissables."

L'auteur ajoute: "La substance originelle du bois a, en partie, disparu pour faire place au carbonate de chaux et la partie qui s'est conservée, sans passer à l'état de pourriture et sans perdre sa texture, s'est remplie du même sel jusque dans les moindres interstices de ses cellules". Bernard Renault a reconnu dans ces échantillons les caractères distinctifs du bois de Hêtre (*Fagus*).

Daubrée remarque qu'aucune inscrustation calcaire n'a été signalée à proximité des bois calcifiés: "c'est bien, ajoute-t-il, la matière ligneuse qui, par une sorte de sélection, a attiré et concentré dans ses cellules le carbonate de chaux."

On trouverait facilement des exemples analogues à celui de Bourbonne. Stokes a décrit un bois également calcifié rencontré à Eilsen par Cotta, dans un aqueduc romain. Goeppert en a mentionné d'autres.

* * *

Nécessité de cavités préexistantes.—Un deuxième ordre de faits concerne la nécessité de cavités préexistantes dans la masse qui doit subir la calcification, et l'examen des cas principaux jusqu'ici rencontrés, démontre que les substances génératrices de la calcite doivent être dépourvues de toute propriété corrosive.

A cet égard, et élargissant pour un moment le cercle de nos études, nous avons le plus sérieux profit à joindre à la série des vides que peuvent offrir les fossiles, d'autres cavités d'origine entièrement inorganique et dans lesquelles se sont réalisés des phénomènes comparables à ceux que nous étudions.

Nous rappellerons d'abord l'existence, si fréquente, de la calcite spathique sous la forme de *veinules,* dans les marbres qui, grâce à celles ci, se signalent par leurs qualités ornementales. On sait qu'il faut distinguer deux catégories de ces marbres: ceux qui contiennent de petites veinules isolées les unes des autres et observant une espèce d'orientation générale, qui les rend plus ou moins parallèles, ou qui les distinguent en groupes, se recoupant sous de certains angles. On ne peut douter alors qu'il ne s'agisse de roches ayant subi l'énergie souterraine des phénomènes orogéniques: dépressions consécutives aux écrasements intérieurs et au déplacement des lames de charriage. Le type est fourni par des sortes de déchirures fusiformes, de quelques centimètres de longueur, traversant une pâte parfaitement noire de calcaire compacte et constituées par de la calcite spathique et d'un blanc de lait. Ces veinules sont souvent qualifiées de produits de *ségrégation,* et l'on entend par là, que la masse du marbre encaissant a été soumise, de la part des liquides de circulation, à une dissolution qui, parvenant dans les vacuoles, ont abandonné (on ne sait comment ni pourquoi) le carbonate dont elles étaient chargées. Ce procédé n'est évidemment pas probable et paraît

même impossible, conformément à deux considérations principales: 1.° le calcaire encaissant ne présente, comme nous l'avons dit, aucune trace de corrosion. Sur les plaques polies qui sont si largement employées en architecture et en ameublement, sous les noms de "Sainte Anne", de "petit granite", etc., on voit que le grain de la gangue est tout aussi continu que la matière même des veines; 2.° on retrouve la même génération de calcite dans des roches pétries de traces fossiles récentes qui sont intactes, alors qu'étant calcaires, elles auraient été altérées par la circulation d'un liquide corrosif. La conclusion (qui s'applique si bien à la production du spath d'Islande dans une gangue qui n'est aucunement calcaire), c'est qu'il faut invoquer pour la genèse de veinules, la rencontre de deux solutions probablement très diluées qui, du fait seul de leur mélange, ont déterminé par double décomposition. la précipitation du carbonate calcique: un sel soluble de chaux, tel que le sulfate, et un carbonate alcalin, matériaux si fréquents des eaux minéralisées, rempliraient toutes les conditions désirables.

La seconde catégorie de marbres foncés veinés de calcite blanche concerne les variétés les plus nombreuses où des réseaux de "marbrures" s'entrecroisent dans des directions très diverses et avec des dimensions qui peuvent être notables. Dans ce cas, on a affaire aux produits de la transformation d'antiques *éboulis de montagnes* appartenant à des époques géologiques très diverses et qui peuvent être très reculées. La vue des éboulements actuels, qui cachent si jalousement le pied des montagnes dont ils dérivent, en conséquence des phénomènes intempériques, suffit pour signaler le rôle énorme que les éboulis ont nécessairement joué à toutes les époques, bien que la plupart des géologues paraissent la méconnaître à peu près totalement. Sous l'influence des réactions métamorphiques et par la double décomposition indiquée tout à l'heure, le système des canaux circulatoires constitués par les intervalles entre les débris rocheux, s'est peu à peu incrusté et finalement obstrué, comme le font tous les pertuis souterrains des massifs calcaires et, par exemple, les cavernes transformées peu à peu en amas d'onyx.

Pour ne laisser aucune lacune trop grave dans cette revue rapide des précipitations souterraines de la calcite, il convient d'accorder un moment d'attention à un cas très spécial, mais qui est exceptionnellement éloquent. Il s'agit d'une variété de grès quartzeux dont le ciment est exclusivement composé par de la calcite rhomboédrique et qu'une localité parisienne, dite Bellecroix, auprés de Fontainebleau, a procuré aux collections, sous la forme d'échantillons très remarquables. Ces échantillons se présentent en rhomboèdres inverses, tantôt isolés, plus souvent groupés, noyés dans des sables quartzeux dépendant du terrain stampien (oligocène inférieur) et renfermant, d'après les analyses de Delesse, que j'ai confirmées moi-même, jusqu'a 60 p. 100 de grains inertes dans leur réseau cristallin, resté cependant admirablement régulier.

En présence de cette circonstance, il est impossible de s'imaginer comment l'ensemble des cavités constitué par le délicat tissu d'un bois ou d'une coquille, pourrait s'opposer à la génèse des larges plages de calcaire épigénique, à structure

absolument géométrique que nous avons antérieurement constatées et sur lesquelles nous allons revenir.

Mais, tandis que dans le cas des tests d'ananchytes, de crinoïdes et de bélemnites, la réaction s'est operée dans un vide au moins relatif, dû à la disparition d'un tissu organique, il semble y avoir eu ici propagation de l'action cristallogénique autour d'un centre de force situé en plein sable homogène, et irradiant son influence occulte, suivant les axes d'un réseau géométrique. Là où le cristal s'arrête, il y a brusque substitution du sable libre au sable solidement encastré dans l'atome du rhomboèdre, et le fait est d'autant plus remarquable qu'au contact même du cristal, la matière sableuse qui n'est aucunement agglutinée peut en certains cas faire, au contact des acides, une énergique effervescence.

* * *

Production des cavités préexistantes par érosion microbienne des tests enfouis dans les vases submergées.—Le remplacement de la matière initiale et vivante des tests organiques par la calcite spathique de fossilisation, suppose avant tout, d'après ce qui précède, la destruction plus ou moins complète de cette matière primitive. Le phénomène se présente en effet dans des gisements variés et il est de haut enseignement de comparer les dégrés inégaux, suivant les points, de son intensité.

On rencontre fréquemment, en pleine masse de craie blanche, des coquilles d'oursins (*Ananchytes, Micraster* et autres) constituées par de la calcite clivable selon la géométrie du *rhomboèdre inverse* de Haüy. Comme nous l'avons vu plus haut, la doctrine simpliste a été longtemps que cette calcite est purement et simplement l'étoffe même dont la coquille était faite durant la vie de son habitant. Ce point de vue, accepté sans discussion, dérivait de la même tendance générale que Buffon a si magistralement exprimée dans ses célèbres *Epoques de la Nature,* en comparant les profondeurs souterraines à un Conservatoire, où sont emmagasinés sans changement ultérieur, des débris datant des époques les plus variées. C'est comme une dernière manifestation de la croyance primitive au contraste de l'époque actuelle avec celles qui l'ont précédée, où les phénomènes étaient aussi énergiques et gigantesques que ceux d'aujourd'hui sont faibles et restreints.

Cependant, certains détails étaient moins aisés à expliquer, justement parce qu'étant des détails, ils exigeaient plus de précision. Par exemple, on rencontre des couches de pierre à bâtir, comme celle dite *cosaque,* qui git à la base du *calcaire grossier* des environs de Paris, où abondent des empreintes de coquilles marines dont les tests ont absolutement disparu. Dans ce cas, comme dans bien d'autres qui se succedèrent, il fallut bien reconnaître qu'un phénomène consécutif aux dépôts, avait fait disparaître la substance même de ces coquilles, dont la place est restée vide.

A ceux qui objecteraient que les coquilles étaient calcaires (d'après la définition chimique qu'on leur donnait alors), nous répondrions que l'on ne s'imaginerait

jamais la nature de ce réactif qui savait dissoudre les fossiles avec tant de précision et de délicatesse et qui respectait si exactement la boue calcaire solidifiée qui les avait empâtés et d'où l'on peut retirer, par la pression d'une balle de cire à modeler dans les cavités, le moulage exacte de tous les détails de forme, permettant la détermination zoologique des spécimens, aussi précise que l'aurait fait les coquilles supprimées.

Et l'on se crût fort habile d'évoquer une soi-disant différence chimique entre les tests, qui seraient faits d'aragonite, et la roche ambiante, dont la substance serait la calcite (espèce un peu moins soluble que la précédente, mais que l'acide carbonique attaque cependant très vite). Aujourd'hui, comme on l'a vu et pour les besoins d'une autre cause, on nous affirme que les carapaces d'oursins et que bien des coquilles de mollusques, étaient composées de calcite qui, même en sa qualité d'espèce rhomboèdrique, aurait orienté les atômes de chaux carbonatée que les circulations souterraines ont pu leur procurer.

Or, j'ai été personenellement très heureux de mettre la main sur la solution du problème des "fossiles negatifs"—c'est à dire, par suppression des corps organisés. C'est que les tests, loin d'être formés de *carbonate de chaux,* sont constitués en réalité par une *matière alimentaire* à l'usage d'êtres inférieurs que nous pouvons pour plus de simplicité réunir sous l'apellation univoque de *microbes.* Dès lors, plus de confusion entre ces produits de l'activité vivante que nous appelons des coquilles, des carapaces, en un mot, des tests—et les produits des simples réactions chimiques et physiques qui régissent le monde minéral et qui sont également dèfinis par une composition exprimable en une formule chimique et par une structure géométrique dependant d'un des systèmes cristallins. Et l'on voit comment, presque malgré nous et par la force même des choses, nous sommes ramenés aux points de vue généraux d'où nous sommes partis au début du présent travail.

Quant à justifier cette manière de voir, rien de plus facile, et il suffit, pour ainsi dire, d'ouvrir les yeux ; car ces microbes *conchyliophages,* se voient à l'œuvre à l'époque actuelle de tous les côtés et spécialement dans la masse des vases si mal odorantes de nos ports de mer, dont l'extraction, qui constitue l'opération du *curage,* nous permet d'apprécier les caractères. Beaucoup des tests y sont en pleine "pourriture" et si l'on s'imagine ce qui se passe dans les régions voisines, là où les choses ne sont pas modifiées par le travail de l'homme, on conçoit aisément la perforation de vides admirablement situés pour devenir des réceptacles de concrétions, au contact de solutions souterraines aptes à déposer, en réagissant les unes sur les autres, des composés cristallisés, parmi lesquels la calcite spathique est certainement le plus fréquent.

La *destruction microbienne,* préparatoire de pétrifications de la catégorie des fossiles négatifs, peut être observée dans beaucoup de circonstances et avec un dégré d'avancement variable suivant les cas. Déjà en 1904 (1) j'ai signalé le mou-

(1) *Bulletin de la Société géologique de France* (4) IV, 218, mars (1904).—Voir aussi, pour des figures, *Le Naturaliste,* du 1 janvier 1905.

lage que j'avais réalisé de la cavité laissée en pleine masse de la craie blanche de Margny près Compiègne (Oise) par *Hallirhoïtes Isariæ*, avec mention des oscules parfois nettement visibles. Depuis lors, j'ai été conduit à préciser le mode de disparition du corps de l'éponge, avec persistence de son moulage, et rapprochant les conditions de ce gisement, de la manière d'être des éponges modernes en fouies dans les vases des grands fonds, comme *Hyalonema, Pleuromena, Alcyoncellum* et *Euplectella.*

Les confirmations de cette explication abondent dans maintes localités et dans des formations datant des époques géologiques les plus diverses. La disparition d'un mollusque pourvu d'une coquille, au sein d'une vase de qualités physiques convenables, y laissera une cavité ayant exactement la forme de l'animal dévoré par les microbes, et cette cavité se comportera comme celles que nous signalions dans le paragraphe précédent, et, entre autres, les petits craquellements qui se déclarent en pleine masse d'un marbre compacte soumis aux efforts orogéniques. Le remplissage de la cavité, d'origine microbienne, se fera comme le remplissage de la fissure d'origine mécanique; seulement au lieu de constituer une marbrure, il constitue un noyau de calcite jouissant de la forme du test. Des coupes minces pratiquées dans ce noyau permettent d'analyser le phénomène dans tous ses details. On rencontre ainsi, par exemple, des pseudo-coquilles de *Murchisonia* dans le marbre noir des Flandres, formées de calcite largement clivable en rhomboèdres dans toute la masse de la production, et n'offrant nulle part la moindre trace de structure organisée. C'est alors la réproduction exacte de ce que donne certaines minéralisations siliceuses comme en présente le calcaire grossier de Sèvres (Seine-et-Oise) qui proviennent spécialement de *Potamides* et de *Natica.*

Dans d'autres cas, le phénomène peut se compliquer et laisser voir qu'il s'est réalisé en deux temps successifs. Parmi les *Murchisonia* citées tout à l'heure on en trouve, en effet, qui présentent, autour du noyau spathique correspondant au remplissage de la coquille vidée par la décomposition des parties molles du gastropode, une *zône peu épaisse* formée aussi de calcite, mais qui tient évidemment la place du test lui-même qui a été supprimé après la constitution du noyau, et qui a été peu à peu remplacé par du calcaire de seconde concrétion. C'est pour celà que celui-ci n'a pas adopté l'orientation cristalline de la prémière calcite. Le fait dont il s'agit m'a été procuré non seulement par les marbres du département du Nord, mais par des roches analogues de beaucoup de régions et, recemment, par des calcaires métamorphiques provenant de la Dominique, Antilles anglaises, d'où ils m'ont été envoyés par M. Serre, consul de France.

Ces circonstances, dont nous ne pouvons pas énumérer toutes les variantes, s'appliquent à la transformation en calcite, des fossiles que nous avons énumérés précédemment: aussi bien les bois calcifiés que les vestiges animaux, comme les bélemnites, éclairées à la lumière formée par l'étude du sépiostaire.

De toutes parts, des fossiles calcifiés, montrent des commencements d'attaque microbienne, dont l'allure est évidemment comparable à celle des déprédations qui ont été décrites avec tant de science par Bernard Renault, dans les bois silicifiés.

Et cette remarque me porte à revenir un instant sur les végétaux calcarifiés de Pontaubert (Yonne). On y trouve, en effet, des cavités de dimensions très variées avec des formes arrondies et fréquemment ramifiées qui, sans doute, dérivent d'êtres xylophages et entre autres de microbes, qui pourraient bien être personnellement représentés par des granulations dont les formes ressemblent intimement à des figures publiées naguère par Renault (1) à propos des bois carbonifères *silicifiés* de Grand Croix, d'Autun et d'ailleurs.

Des échantillons, remarquablement nets, m'ont été fournis par des tests de grandes dimensions d'*Inoceramus Cuvieri* du terrain sénonien de Templeux-la-Fosse (Somme). Les corrosions ont une analogie évidente de forme avec celles que Renault a décrites dans l'épaisseur d'écailles de poissons primaires (2). J'en ai trouvé de comparables dans des valves de mollusques de tous les âges, jusque dans le terrain oligocène d'Etampes où *Cytherea splendida* est tout particulièrement remarquable.

Sans multiplier indéfiniment ces exemples, il nous reste à remarquer que, dans une foule de cas, la corrosion microbienne s'accompagne d'une délicatesse de dissection, dont les conséquences sont de première importance à notre point de vue. Tout le monde a vu en automne des feuilles d'arbres qui ont été réduites à l'état de véritables dentelles, par la suppression de tout le parenchyme avec persistance du réseau des nervures de toutes les grosseurs et même les plus fines. Quelque chose d'analogue, mais de plus délicat encore, s'est produit dans le bois de Pont-Aubert, où nous avons vu que le protoplasma des cellules ligneuses ayant été supprimé, la charpente constituée par les parois cellulaires, a été très fréquemment conservée de sorte que la calcite de fossilisation s'est comportée pour la cavité de chaque cellule, comme elle avait fait pour la cavité totale de *Murchisonia*. C'est ainsi que s'est réalisé la persistance du réseau histologique, au milieu du réseau cristallographique et souvent avec continuité d'une même orientation des atômes, sur une dimension parfois très grande.

C'est ce que nous ont fait voir les bélemnites, les radioles d'oursins jurassiques et tant d'autres vestiges fossiles, qui ont été parfois si incomplètement compris par les naturalistes qui les ont les premiers examinés.

En somme, le tissu constituant les coquilles et les tests ou charpentes d'innombrables animaux actuellement vivants, bien éloigné d'être, comme on l'a dit si longtemps, exclusivement formé de matériaux minéraux, représente une substance essentiellement alimentaire pour des légions d'êtres au premier rang desquels il faut citer les microbes. C'est grâce à la consommation de ces tissus avec une énergie qui n'a de comparable que la délicatesse de dissection avec laquelle elle se réalise, que se constituent dans les debris organiques, les cavités de divers ordres et de diverses dimensions dans lesquelles les phénomènes épigéniques trouvent un

(1) *Notice sur les travaux scientifiques de Bernard Renault,* p. 102 in 4.°, 1896. (Saint-Etienne).
(2) Id. p. 96.

théâtre illimité pour développer leurs produits. C'est tout particulièrement ainsi que se constitue la calcite de fossilisation et que disparait une contradiction chimique, si incompréhensible à prémière vue, qu'on a longtemps évité de la soumettre à une étude rationnelle.

CONCLUSIONS.

Si nous cherchons à extraire des observations qui précèdent, les conséquences qu'elles comportent, nous sommes, avant tout, frappés des arguments qu'elles procurent quant à la profonde modification introduite dans l'économie générale du globe par l'apparition de la vie à sa surface.

Le phénomène biologique, encore si récent, par comparaison avec les durées immenses qui l'ont précédé et durant lesquelles toute l'évolution planétaire fut réglée par les seules réactions mécaniques, physiques et chimiques, a cependant dès maintenant. imprimé à tous les produits auxquels il a collaboré, un caractère distinctif intense, que, de son explosion, date véritablement une géologie nouvelle.

Grâce à l'intervention de la microscopique cellule vivante, des quantités de conjugaisons se sont déclarées entre des éléments qui, jusque là, étaient, depuis les origines, restés passifs les uns vis-à-vis des autres. Le type nous en est fourni par le tissu chlorophyllien, qui détermine entre l'atôme d'eau et l'atôme de gaz carbonique, sous la seule influence solaire, la production des hydrates de carbone. On le retrouve encore, et sous la forme complémentaire de cette première réaction, dans la puissance de la cellule microbienne génératrice des tubercules radicaux des papilionacées et de leurs analogues, pour fixer directement l'azote de l'air dans les matériaux organiques ou pour engendrer les nitrates, les nitrites et l'ammoniaque.

On peut en conséquence, et sans exagération, proclamer que le microbe est l'artisan de la vie, sous toutes ses formes, à tous les degrés de l'échèlle animale, comme à tous les niveaux de la série botanique. Les fossiles, comme on l'a vu, conservent des vestiges de la substance organique qui les a animés et on peut dire avec exactitude qu'au travers de la série sédimentaire tout entière, l'ensemble des roches aura conservé des propriétés spéciales qu'on n'aurait pas osé soupçonner.

Bien loin, qu'en conformité d'une assertion inconsidérée et que nous venons de combattre, les êtres fossilisés aient été constitués par des minéraux pendant le cours de leur vie, nous voyons les roches conserver après leur dèpôt, au sein de la série stratifiée, des caractères organiques incontestables. Elles sont imprégnées de composés, dont l'étude, à peine commencée, et que Fournet, par exemple, avec son *caméléon organo-minéral,* puis Spring avec ses phosphamines du marbre carbo-

nifère et bien d'autres, ont signalés à l'attention des chimistes, et qui nous reservent évidemment des révélations sans nombre (1).

Ainsi que nous l'avons dejà dit, mais comme il faut le répéter, si on savait extraire des calcaires et des argiles, même sous leurs formes les plus métamorphiques, la totalité des matières carbonées et azotées d'origine organique qui entrent dans leur composition, on isolerait un volume bien des fois supérieur à celui des plus riches houillières réunies, en combustible homéopathiquement disseminé dans la masse totale des sédiments.

Cette abondance du carbone, à l'état de combinaisons diverses, explique le caractère avant tout *réducteur* des profondeurs souterraines, dont l'activité se traduit par d'innombrables séries de transformations chimiques et par d'inextricables circulations de réactifs qui broyent sans relâche les portions les plus intimes des tissus planétaires, qui collaborent ainsi à toutes les fonctions de l'organisme terrestre, au point qu'il n'est pas illégitime de supposer que les rechauffements des strates, par le jeu des remaniements orogéniques,—dont les explosions volcaniques sont accompagnées,—peuvent determiner les effets explosifs de la patagosite, facteur certainement actif du régime mécanique des profondeurs telluriques. On ne peut pas faire abstraction, dans les considérations de la Géologie générale, de l'influence des accumulations de fossiles, au point de vue de la porosité des massifs sédimentaires et spécialement de leur accessibilité aux circulations indéfiniment continuées des liquides souterrains.

Nous ne pourrions que diminuer la portée de ces considérations en insistant sur les détails qui les concernent. Il nous suffira pour nous résumer, de constater que le sujet dont nous venons d'exposer les points principaux, nous a séduit précisment par le contraste imprévu entre sa modeste apparence première, et l'amplitude des conséquences auquelles son étude ne peut manquer de conduire.

---

(1) Cette observation s'étend même à des roches dont l'apparence est la plus éloignée d'une composition organique. Grâce au concours obligeant de M. G. Ramond, assistant au Muséum National de Paris, je suis en mesure de citer à côté des exemples précédents, le vulgaire calcaire grossier dit à *Millioles*, des environs de Paris, qui est à peu près blanc et qui, après calcination au rouge, à l'abri du contact de l'air, laisse par le traitement à l'acide chlorhydrique, dont nous avons parlé, un résidu très foncé en couleur, teinté par un mélange de charbon, résultant de la décomposition des matières organiques qui l'impregnaient. Comment ne pas se rappeler à cette occasion, des dosages qui ont montré à Delesse que toutes les roches sédimentaires renferment de l'azote combiné? Nous savons maintenant que celui-ci est engagé dans des composés analogues à ceux dont sont formés les corps vivants de l'époque actuelle. Les tests des millioles sont en partie silicifiés, ce qui resserre les rapports signalés plus haut entre le calcaire et la silice.

TABLE.

Pages

PRÉLIMINAIRE. HISTORIQUE DE LA QUESTION. 35

CHAPITRE I. CARACTÈRES ANTI-MINÉRALOGIQUES DES TISSUS VIVANTS 37

Contrastes entre les minéraux et les êtres vivants 37

Présence exceptionnelle de cristaux dans l'organisme 40

Description rapide de quelques types de comparaison 41

Remarques sur l' os de Seiche 42

Remarques sur les radioles d' Heterocentrotus. 44

Remarques sur le squelette des Polypiers 45

CHAPITRE II. CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES FOSSILES CALCAIRES . . . 45

Etat cristallin des tests calcaires fossiles 45

Bois calcifiés 46

Tests de mollusques calcifiés 47

Tests d' échinodermes calcifiés 49

Présence de matière organique dans certains fossiles calcifiés . . . 50

Caractère explosif de certains fossiles 52

Aptitude des tests calcifiés à provoquer des concrétions siliceuses 53

CHAPITRE III. MÉCANISME DE LA MINÉRALISATION DES FOSSILES CALCAIRES 57

Rapidité relative de la calcification 57

Necessité de cavités préexistantes 58

Productions des cavités par érosion microbienne des tests enfouis . 60

CONCLUSIONS 64

PRESENTED

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 30

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

IMPORTANCIA DE LOS COLOIDES EN LA QUÍMICA CONTEMPORÁNEA

MEMORIA LEÍDA POR EL ACADÉMICO ELECTO

R. P. DR. EDUARDO VITORIA S. J.

en el acto de su recepción

Y

DISCURSO DE CONTESTACIÓN POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. EUGENIO MASCAREÑAS

Publicada en marzo de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 30

IMPORTANCIA DE LOS COLOIDES EN LA QUÍMICA CONTEMPORÁNEA

MEMORIA LEÍDA POR EL ACADÉMICO ELECTO

R. P. DR. EDUARDO VITORIA S. J.

en el acto de su recepción

Y

DISCURSO DE CONTESTACIÓN POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

DR. D. EUGENIO MASCAREÑAS

Publicada en marzo de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

IMPORTANCIA DE LOS COLOIDES EN LA QUÍMICA CONTEMPORÁNEA

MEMORIA

LEIDA POR EL ACADÉMICO ELECTO

R. P. Dr. Eduardo Vitoria S. J.

en el acto de su recepción el dia 25 de marzo de 1918

Señores académicos:

Cumplo ante todo gustosísimo con un deber de gratitud para con esta docta Corporación, que tan amablemente me abre del todo sus puertas, admitiéndome en su seno como miembro numerario; así como me distinguió en otro tiempo con el título de miembro correspondiente, cuando tenía establecida mi residencia en el Laboratorio Químico del Ebro (Tortosa). La honra que se me confirió el 28 de abril del pasado año, al realizarse mi elección, y la que hoy se completa con mi entrada en esta Real Academia, no tanto se me hace a mí personalmente cuanto a la Compañía de Jesús, mi queridísima y santa Madre; pues si algo habéis hallado en mí, señores Académicos, que os haya podido mover a ennoblecerme con vuestro título, no a mí, sino a la Compañía de Jesús se debe atribuir, pues ella con sus desvelos y solicitud de buenísima Madre, sin perdonar gastos, ni molestias, ni privaciones, me proporcionó medios en España y en el extranjero para que pudiera estudiar seriamente esta rama de las Ciencias Naturales, la Química, manantial fecundo de innumerables conocimientos y venero riquísimo de aplicaciones para la humanidad. A mi Madre, pues, a fuer de hijo agradecido, transfiero en absoluto la honra, que hoy me ennoblece.

Os debo también un particular voto de gracias por la distinción que me habéis hecho, al reservarme la tercera plaza vacante de la Sección de Química, cuando en la reorganización interior de la Academia, que con tanto celo habéis emprendido y llevado a cabo bajo la dirección de vuestro digno Presidente, podíais haberla ocupado por cualquiera de entre vosotros, que hubiera llenado dignamente dicho puesto. Plaza, por cierto, tanto tiempo vacante, que hasta se ha venido a perder la memoria del que la ocupó: viene, pues, a ser como una nueva, creada para el objeto, ateniéndoos a la discreta organización que habéis dado a la Academia.

Pero ya que se me va a adjudicar la medalla de D. Tomás J. Dalmau García, permitidme que dedique siquiera un afectuoso recuerdo al que, en su tiempo, fué

a la cabeza de los constructores de aparatos científicos en Barcelona y aún en España, y fundó una Casa, continuada hoy en esta Capital, y dedicada especialmente a la fabricación de aparatos de precisión, algunos de los cuales figuran en la instalación electro-química de nuestro nuevo Instituto Químico de Sarriá.

Paso, pues, con vuestra venia, a cumplir con la primera obligación que impone el Reglamento, desarrollando brevemente un tema de carácter químico, que sirva como trabajo de entrada en esta Real Academia, habiendo escogido éste, por creerlo de bastante actualidad científica y de particular interés para la Química. "*Importancia de los coloides en la Química contemporánea*". Seré breve, a fin de no cansar vuestra benévola atención: para lo cual me limitaré en mi lectura a la exposición sucinta de los principales hechos, pasando por alto o dejando para intercalar como notas, aquellos datos que, por ser más científicos, escapan forzosamente al alcance de los que no están dedicados a estos estudios. Con lo cual habrá la ventaja de no dejar el trabajo tan incompleto y ofrecer, a los que lo deseen, los comprobantes científicos y bibliográficos, necesarios hoy, cual nunca, en toda Memoria bien razonada.

* * *

En la Química, las ideas ingeniosas de Dalton sobre los átomos, sucesoras, a su modo, de las de los filósofos griegos, y las no menos importantes de Avogadro, y Ampère sobre las moléculas de los gases, han venido a ser como los goznes al rededor de los cuales gira todo el mecanismo teórico de nuestra Ciencia.

La molécula y el átomo son para los químicos modernos dos entidades de excepcional importancia, cuya naturaleza y propiedades han procurado averiguar, cuya realidad física se han esforzado en probar, y cuyo número, dimensiones y aun forma geométrica se han afanado por determinar. La admisión de su existencia real, aislada, en los cuerpos, conduce necesariamente a reformar ideas concebidas en el silencio del estudio, lejos de toda comprobación experimental.

Una de las grandes cuestiones debatidas en el terreno filosófico es sobre la continuidad o discontinuidad de la materia y sobre la divisibilidad física limitada o ilimitada de la misma. Continuidad que no sólo se extendía a la masa material del Universo, sino a las leyes que rigen los fenómenos cósmicos: hasta el punto de llegarse a la conclusión de que la naturaleza no da saltos. Como si la regularidad fuese el ideal realizado en el Universo y se viese mejor retratada la Inteligencia Suprema del Hacedor en la uniforme configuración de una circunferencia o de una esfera, que en la caprichosa y no interrumpida variedad de formas que pueblan la tierra y los espacios. Y no es así, porque las riquezas infinitas de la Ciencia Divina se manifiestan más admirables en la prodigiosa multitud de figuras, de caracteres y de propiedades que especifican a cada sér de este paraíso de la tierra, donde la Bondad manirrota de Dios ha ido sembrando misterios, que son la preocupación del hombre de estudio y maravillas que, como escala, conducen, a quien

las contempla, a la adoración de su Divinidad; pues debe ser infinitamente bello, sabio y poderoso Aquél que, aun en sus más exiguas e insignificantes participaciones, ha sabido acumular tanta hermosura, tanta energía y tanta riqueza.

* * *

Es muy difícil, y tal vez imposible, dar una demostración categórica de la discontinuidad real de la materia, fundada en la existencia aislada, física, de las moléculas y átomos, pues ni los vemos ni los numeramos directamente: como tampoco se puede probar que es falsa la opinión de los que admiten la materia continua y divisible hasta el infinito, y que explican los fenómenos de que es base, por su dilatabilidad y compresibilidad intrínsecas. Cierto, esta opinión tiene muy estrechos horizontes para el progreso de las Ciencias físico-químicas, pero no es evidentemente absurda: y si la contraria, fundada en la teoría atómica, se ha manifestado, en cambio, muy fecunda para las investigaciones modernas, no es cierta, ni menos, evidente: en ella se amontonan las hipótesis, algunas muy aventuradas y problemáticas: encierra, además, puntos muy vulnerables, y finalmente no siempre los hechos están en perfecta armonía con sus dictámenes: no pasa, pues, de la categoría de probable: y así no faltan quienes, con Ostwald la juzguen falsa. De todos modos, hoy las ideas tienden a la discontinuidad real de la materia, apoyadas en la experimentación: y la experimentación, cuando se hace en la debida forma, es fuente de verdad, y la razón se apoya sólidamente sobre ella, para elevarse a órdenes superiores especulativos y prácticos, que rebasan los límites de la experiencia. Se va viendo cada día más claro que la naturaleza da saltos, como lo dicen las leyes de las combinaciones químicas, hoy rigurosamente exactas: se ve también que la regularidad es la excepción en el Universo y que el continuo aparente se fracciona mecánica, física, química y ultraquímicamente hasta lo increíble. Muchos objetos que antes se tenían por indivisibles, hoy se dividen: lo que se creía único, aparece múltiple; lo que era diminuto se disminuye más: y si el volumen primitivo escapaba a nuestra observación, se aleja mucho más de nuestro alcance, al subdividirse en fragmentos de dimensiones pequeñísimas, comparadas con las del cuerpo que les dió el ser. Hay que admitir, pues, los hechos debidamente comprobados y sobre ellos discurrir reposadamente, evitando las exageraciones sistemáticas, que son siempre pésimos consejeros.

Cada uno de estos descubrimientos atiza en el hombre el deseo de la investigación. Quiere saber el porqué de todo esto, las leyes que lo regulan, las consecuencias que de allí se derivan y el término a que conduce. Persiste en la idea, que nunca abandona, de conocer la naturaleza, la forma, el número de esos pigmeos cósmicos, cuya pequeñez avasalla la grandiosidad del Universo entero, como que forman su fundamento, y que para muchos son un bellísimo trasunto de la armónica constitución de los cielos estrellados.

No ignora el hombre lo arriesgado de la empresa: ¿Cómo va a ver lo que escapa a la perfección de nuestros instrumentos ópticos? ¿Cómo medirá lo que está muy por debajo del límite a que alcanzan los aparatos más perfectos de medida? ¿Cómo tocar lo que apenas tiene tomo?

Sin embargo allí hay una entidad que le preocupa, que tiene una existencia real, de caracteres fijos y definidos, la molécula: de ella necesita para sus reacciones el químico y quiere averiguar su grandor y su número, ya que otras muchas de sus propiedades las conoce con certidumbre por los más variados procedimientos.

* * *

Tomad un vaso de agua pura, disolved en ella un poco de sacarosa: ésta se esparce por toda la masa y el agua entera, hasta en sus últimos repliegues, está azucarada: probadlo con una traza de colorante, como la fucsina, y el resultado se os hará más visible: el líquido se teñirá en su totalidad de un hermoso matiz.

Luego las moléculas del azúcar o del colorante se han interpuesto entre las del agua, ya que no es posible distinguir una porción de ésta que no tenga su parte correspondiente de aquéllos: ahí tenéis una disolución típica: nada de compenetración de las partecitas del disolvente con las del sólido disuelto: es una mezcla, es una juxtaposición de partículas. Pero estas partecitas ¿se tocan? ¿Están en reposo? ¿Qué dimensiones alcanzan? ¿Cuántas son?

Modifiquemos la experiencia. Pongamos el azúcar o el colorante, si queréis en solución concentrada, en el fondo de un vaso: vertamos con mucho cuidado agua pura sobre ellos, para que no se mezclen y dejémoslos en reposo absoluto. Si al cabo de unos días analizamos con los reactivos químicos las capas superiores del líquido azucarado o miramos sobre un fondo blanco la solución de fucsina, nos cercioraremos de que ésta y el azúcar se han remontado, a pesar de que la gravedad debía retenerlos en el fondo, por ser materias más densas: ha habido difusión, entre el agua pura y las soluciones, ni más ni menos, salva la rapidez, que cuando se juntan dos probetas o dos balones llenos de gases distintos, que acaban por mezclarse uniformemente en toda su masa, aunque el inferior sea de mayor densidad.

Hay, pues, en las disoluciones una fuerza disimulada, pero enorme a veces, que se ejerce entre el disolvente y el cuerpo disuelto, la *presión osmótica*, fuerza cuya medida atrevidamente dió el eminente Van't Hoff, al establecer el parangón del estado de disolución con el estado gaseoso: la presión osmótica, que se descubrió mediante los tabiques semipermeables de Pfeffer y se extendió después al seno mismo de toda solución, tiene por medida la que ejercería el cuerpo disuelto si se gasificase y ocupara un volumen igual al de la solución: es la expresión en los líquidos de la hipótesis de Avogadro y Ampère aplicada a los gases: en éstos, como

en aquél, intervienen los cuerpos con su peso propio, y este peso tomado en gramos y referido a la molécula, es decir, el *peso molecular-gramo,* es el que se nos presenta con este carácter de universalidad, de uniformidad, de equipotencia en todos los cuerpos disueltos, (sólidos o líquidos) y en los gases, con tal que la temperatura sea la misma.

Y como esta presión, esta difusión se verifica no sólo en las soluciones perfectas, como las citadas, sino también en las imperfectas, como las del éter y el agua, de manera que las moléculas del éter, que sobrenadan, se van difundiendo de capa en capa, hasta llégar al fondo; ocurre en seguida la seria sospecha de que suceda lo propio en un líquido homogéneo y único, como el agua o el alcohol. Y en tal caso debería admitirse que las particulitas de estos líquidos, o de cualquier otro para otro caso, se mueven constantemente y pasan de una a otra capa, o lo que es igual, que cada capa líquida es como un campo de batalla que se ve atravesado constantemente por proyectiles moleculares que le cruzan en sentidos contrarios. Habrá, pues, un reposo absoluto aparente, porque nuestros sentidos y medios ordinarios de observación no alcanzan más, pero en realidad hay continuo vaivén, hay una verdadera compensación, al menos en su valor medio, de ganancias y pérdidas, hay lo que en Química llamamos un *equilibrio.*

Estas ideas del movimiento molecular, que, aplicadas en un principio por la teoría cinética a los gases, se extendieron, por atrevida analogía, a los líquidos, y hoy se pretende extender a los sólidos, van recibiendo cada día más pruebas en el orden experimental, las cuales les dan mayores grados de probabilidad, aunque siempre quedó como punto débil lo que puede decirse que es más importante en el fundamento de la teoría. Avogadro y Ampère (1914) establecen que volúmenes iguales de cualquier gas, simple o compuesto, tomados en las mismas condiciones de temperatura y de presión, contienen el mismo número de moléculas: ¿cuál? *n,* un número no conocido, pero que, sea cual fuere su valor, es el mismo. Si tomáis, para precisar más, pesos moleculares-gramos, de los gases que se comparan, dicho número se representa por *N,* y esta *N* se llama el *número de Avogadro.* ¿Cuánto vale? Su conocimiento nos conducirá al del *átomo de electricidad* o *carga elemental e* que llevan los iones monovalentes en el transporte electrolítico, ya que este valor *e* es igual al cociente de un *farad* por el citado número de Avogadro $e = \frac{F}{N}$.

Que este número *N* deba ser enorme, salta a la vista, porque si en las láminas más finas que se hacen de oro se llega al grosor de 0.1 μ, es forzoso admitir que deba ser inferior el diámetro de la molécula de oro.

De mucho mayor alcance son las experiencias de Devaux [1] sobre las láminas de aceite formadas en la superficie del agua y llevadas a su espesor límite.

(1) H. Devaux, *Rev. gén. des Sc.,* 1913, pág. 146.

Este espesor es de 1.1 μμ y coincide con el que lord Rayleich encontró ser el de la capa accitosa indispensable para detener los movimientos del alcanfor flotante sobre el agua. Este espesor marca, pues, el diámetro de la molécula del aceite: diámetro que Devaux halló ser el mismo que el que se deduce del valor de la constante de Avogadro, calculado según los experimentos de Perrin, de que voy a hacer mención.

Añadamos otros datos de todos los conocidos, como son p. ej., que las fluorescencia de la fluoresceína es perceptible en la disolución de una parte de este colorante en cien millones de partes de agua, y el del almizcle, cuyas partículas olorosas pueden llenar espacios muy dilatados, sin que la balanza de precisión acuse pérdida sensible en su peso.

Aunque son muchos los procedimientos ideados para hallar el citado número de Avogadro, de valores más o menos parecidos, varios de ellos fundados en la teoría cinética de los gases, dejan perplejo el ánimo del observador, puesto que semejante teoría es un acervo de hipótesis, que dan al conjunto poca estabilidad. Por lo mismo es de estimar cualquier otro método que, por caminos distintos, conduzca al resultado que se desea. Y en tal sentido el estado coloidal presta buenos servicios, confirmando y perfeccionando los valores ya hallados.

* * *

Todos conocemos lo que es una disolución de goma arábiga, de gelatina, de engrudo, etc. De la constitución y aspecto de estos mucílagos, ha venido el nombre de *coloides* a los cuerpos que se les parecen.

Tomemos tres partes de gelatina, previamente remojada en agua fría, y disolvámosla en 100 partes de agua caliente. Obtendremos una masa pegajosa, que, después de fría, presenta el aspecto de la jalea: en este estado se dice químicamente que se tiene un *gel* y cuando está fundida o líquida se llama un *sol*. Por el calor se pasa, pues, en este caso, del *gel* al *sol* y recíprocamente, por el enfriamiento. Este tipo de soluciones coloidales se llama *emulsoide*. Mirado en el ultramicroscopio, aparece el gel formado de dos partes, una de gelatina con algo de agua, bajo forma de celdillas, [1] que encierran agua con una pequeña proporción de gelatina: diríamos, pues, que es como un panal lleno de miel. Si se analiza con el ultramicroscopio esta masa, no se notan partículas aisladas y definidas, sino sólo un campo luminoso uniformemente iluminado por difusión.

El ultramicroscopio ideado por Siedentopf y Zsigmondy [2] se obtiene iluminando fuertemente en dirección lateral el campo de un microscopio ordinario. Queda con esto el fondo obscuro y sobre él se llegan a poder observar partículas cuyo diámetro es de 6 μ, merced a la imagen de difracción de dichos corpúsculos.

---

(1) Hardy, *Proc. Roy. Soc.* London, 1900, **66**, p. 95-109.—*Ch. Bl.* 1900, I, p. 898.
(2) *Ann. der Phys.* 1903 (4), **10**, p. 1.

Bien mirado el método ultramicroscópico no hace sino volver perceptible, con el aumento del microscopio, el fenómeno de Tyndall, que consiste, como se sabe, en hacer atravesar una solución. o una masa gaseosa, por un rayo luminoso vivo, en dirección perpendicular a la de observación. Si la solución o el gas son homogéneos, el rayo de luz es invisible y aquellos flúidos se dicen *ópticamente vacíos:* pero si son heterogéneos, es decir, si contienen en suspensión partículas distintas de las suyas, dichos flúidos se hacen visibles, apareciendo como turbios u opalescentes: por este fenómeno se ven en una habitación obscura los cuerpecitos que flotan en el aire, al ser heridos por un rayo de sol que entra por una rendija.

Tomemos ahora una solución acuosa de anhidrido arsenioso: hagamos pasar por ella una corriente de gas sulhídrico puro y lavado. El líquido quedará claro, pero adquirirá un tinte amarillento. Probemos de filtrarlo con un filtro ordinario, no con los ultrafiltros de Zsigmondy y Bechholds [1]: pasará todo sin dejar residuo en el filtro: si lo enfriamos, no tomará el aspecto viscoso: seguirá tan móvil como el agua pura: podremos llegar hasta la congelación de la masa: pero si se toma un pedazo de este hielo y se funde después, el líquido anterior reaparecerá. El análisis acusa la presencia del sulfuro arsenioso. Miremos en el ultramicroscopio esta solución y veremos una infinidad de partículas, brillantes, dotadas de movimientos caprichosos, rápidos, sin interrupción, llamados *movimientos brownianos,* [2] en obsequio al botánico inglés Roberto Brown que los descubrió en 1827, observando unas suspensiones de polen en el microscopio. La solución, pues, del sulfuro arsenioso es distinta de la gelatina: se parece más a un líquido que tiene en suspensión un polvo finísimo, como el de algunas arcillas. Esta clase de solución se llama *suspensoide.*

Añadamos un poco de solución acuosa de un electrólito, p. ej., de una de sal, al emulsoide y al suspensoide, y hallaremos otra diferencia notable, a saber, que, mientras la gelatina en su aspecto exterior no se modifica, el sulfuro de arsénico se altera profundamente, volviéndose insoluble y precipitándose con relativa rapidez en el fondo del vaso.

---

(1) *Zft. f. phys. Ch.*, 1907, **60**, p. 257-318.—*Ch. Bl.*, 1907, II, p. 1374.

(2) Los movimientos brownianos pueden observarse bien con el jugo lechoso de *Euphorbia splendens:* se coloca éste en un portaobjetos, se deja caer la luz solar oblícuamente y se observa en la luz que atraviesa.

C. Thomae (*) recomienda para análogo ensayo la tinta de China de muy buena calidad.

Fr Flade (**) prepara películas de bromuro de plata coloidal, de 0.0014 mm. de diámetro, cuyos movimientos brownianos pueden observarse con un aumento de 300 diámetros, de esta manera. Se calienta de dos a tres horas, en baño-maría hirviente, la mezcla de 10 cc. de solución de gelatina al 1 %, 2 cc. de bromuro potásico normal y 2 cc. de nitrato de plata decinormal.

Para observar exactamente los citados movimientos con las partículas albuminoides es preciso aislarlas de las agrupaciones micelares. La separación se logra con tubos-filtros, como lo explica el Dr. D. A. de Gregorio Rocasolano en su interesante obra *Estudios físico-químicos sobre la materia viva,* Zaragoza 1917, pás. 176 y 196.

(*) *Zft. f. Chem. und Industr. der Kolloïde,* **9**, p. 19.—*Ch. Bl.*, 1911, II, p. 1402.

(**) *Zft. f. physik. chem. Unterr.,* 1914, **27**, p. 294.—*Ch. Bl.*, 1914, II, p. 421. — *Ch. Abstr.,* 1915, p. 988

Hay aún otro detalle interesante. Si al suspensoide se añade un emulsoide, éste viene a comunicar más o menos estabilidad al primero, de suerte que no sólo se necesita más cantidad de electrólito para precipitar o convertir en gel el sol suspensoide, sino que hasta se puede. a veces, evaporar a sequedad el suspensoide, sin que se pierda el estado de solución coloidal, pudiendo regenerarse ésta por simple adición de agua al depósito seco.

A esta acción se atribuye la formación de los deltas de ciertos ríos, como el Misissipí y el Nilo: sus aguas, abundantes en materia coloidal orgánica, mantienen en estado de fina suspensión el fango, arcilla, etc., que arrastran. En cuanto estas aguas se ponen en contacto con las aguas del mar, cargadas de sales (electrólitos), aquellas tierras se precipitan y forman los bancos y los deltas.

Semejantes soluciones coloidales, con los variadísimos e irregulares movimientos de sus partículas en suspensión, que no pueden ser debidos en modo alguno a trepidaciones comunicadas a la masa líquida envolvente, han dado pie a interesantes investigaciones de carácter científico, que, ejecutadas por Gouy, The Svedberg [1], Von Smoluchowski, Wiener, Perrin, Henri y otros muchos, conducen al resultado general de que los movimientos brownianos se hallan en todos los flúidos que contienen partículas pequeñísimas en suspensión y son tanto más vivos cuanto menos viscosos [2] son aquéllos y más diminutas las partículas. Así, apenas se observan en la glicerina y son, en cambio vivísimos en los gases (Bodaszewski, Zsigmondy, Von Smoluchowski, Ehrenhafts, Molisch, De Broglie, etc.) [3]: además son independientes de la naturaleza y por lo tanto de la densidad de los globulillos, así como de las circunstancias exteriores, salvo la temperatura y magnitud de los granos, de que vienen a ser una función. Su duración es indefinida, pues se les observa persistentes durante meses y años (Seddig): [4] y si atendemos a que se les descubre en las inclusiones líquidas contenidas en los cristales de cuarzo, podremos lógicamente deducir, fundados en los datos geológicos, que su origen data de centenares y millares de años, y por tanto se les puede suponer perpetuos, mientras no cambien las condiciones del disolvente.

De aquí la probabilidad de las ideas de Wiener (1863) de que tales movimientos son característicos del estado flúido (líquido y gaseoso): por tanto el

---

(1) *Zft. f. Electroch*, 1906, **12**, 853-60 —*Ber*, 1905, p. 3616; 1906, p. 1705.

(2) The Svedberg, *Ztschr. f. Chem. u Indust". der Kolloide*, 1906, **1**, p. 161-4.—*Ch. Bl.*, 1907, I, 1088.

(3) La opinión de Smoluchowski (*), de que también en los gases hay movimientos brownianos, ha sido confirmada por los experimentos de Ehrenhafts y Molisch (**). De Broglie los ha hallado, por ejemplo, en el humo de tabaco en atmósfera húmeda y ha medido el radio de las partículas por la fórmula de Einstein, así como su carga eléctrica por la de Stokes.

(4) *Physik. Zft*, **9**, p. 465.—*Ch. Bl.*, 1908, II, p. 659.

(*) *Ann. der Physik*, (4), **21**, 756.—*Ch. Bl.*, 1907, I, p. 203.

(**) *Ber. deutsch. Phys. Ges.*, **5**, p. 582-4 (1907).—*Ch. Bl.*, 1908, I, p. 86.

reposo de éste es sólo aparente, siendo en realidad un equilibrio, constituído por un *régimen permanente de violenta y desordenada agitación.*

Un grano que flota en un líquido, por pequeño que sea, es muy grande respecto de las moléculas del líquido que lo envuelven: como, según la teoría cinética aplicada a los líquidos, las moléculas de éstos están en continuo movimiento, el gránulo en suspensión es el blanco de continuos e innumerables choques, que se realizan desordenadamente, sin sujeción a ley ninguna: estas impulsiones no pueden, por lo mismo, equilibrarse, y por tanto juegan con el gránulo como con una pelota, comunicándole en definitiva un movimiento más lento que los choques que lo producen, movimiento que, por fuerza, ha de resultar irregular y sacudido, aunque no es oscilatorio, como equivocadamente creyó Svedberg [1]: y a estos movimientos es debida la repartición de equilibrio de una emulsión.

V. Henri los ha cinematografiado, tomando una emulsión de caucho y pudo comprobar su complicación, su mutua independencia, aunque estén muy próximos unos de otros [2]. El movimiento medio en $^1/_{20}$ de segundo viene a ser para todos próximamente el mismo, o sea 0.62 μ [3]. La adición de substancias coagulantes los debilita [4].

Con gránulos de mayor tamaño, los choques de las moléculas del disolvente se van compensando cada vez más, y su efecto es menos marcado, pudiendo hasta llegar a ser imperceptible cuando el tamaño del gránulo excede ciertos límites. En cambio, con corpúsculos muy pequeños, las trepidaciones y traslados se pueden seguir perfectamente.

Estas impulsiones tienen, pues, su origen según las modernas doctrinas cinéticas, en el movimiento molecular de los flúidos, que constituye, a su vez, el estado calorífico de los mismos (PP. Delsaulx, y Carbonelle (1876), Gouy (1888). Siedentopf (1900), Einstein (1905), Seddig (1908)).

Esto ha verificado Perrin [5]. Para lo cual, apoyándose en el parecido, comprobado y establecido por Van't Hoff, entre el estado gaseoso y las disoluciones, hase esforzado en demostrar experimentalmente las leyes de los gases en las emulsiones formadas por granos visibles: para ello ha echado mano de emulsiones de goma-gutta y de mástic, obtenidas de su disolución alcohólica tratada por el agua. Por repetidas y cuidadosas centrifugaciones, en aparatos rotatorios de 2500 vueltas por minuto, logró obtener masas de gránulos de diámetro igual, cuya densidad determinó, resultando para los de goma-gutta igual a 1.194: midió su

---

(1) *Zft. f. Elektrochem*, 1917, **12**, p. 909.—*Ch. Bl.*, 1907, I, p. 399.
(2) Véase nuestra obra *La Catálisis Química*, núm. 595.
(3) *C. R.*, **146**, p. 1024.
(4) El Dr. Rocasolano ha cinematografiado también los movimientos de las micelas metálicas y ha estudiado los de la ovoalbúmina y ovoglobulina en la cámara clara. La velocidad media, por segundo, de dichos albuminoides, la indican sus trayectorias, que son de 0.56 μ y 0.52 μ respectivamente.
(5) *C. R.*, **146**, p. 967-70.

volumen medio, por recuento directo de partículas alineadas, por pesada directa de las mismas y por la medida de la velocidad de caída de la nube formada por los granos de la emulsión (ley de Stokes) y obtuvo un radio para la esferilla, igual próximamente a 0,369 μ.

Perrin ha establecido por observación directa, en los movimientos brownianos de una emulsión de goma-gutta en ácido muy diluído, la ley de Stokes para una magnitud de gránulos cuyo radio era de un orden de grandor de 0.1 μ [1].

Observada horizontal y verticalmente en el campo microscópico, en una cuba de Zeiss, una gota de la emulsión, se viene a deducir en definitiva que la emulsión tiende a alcanzar un régimen permanente, siempre el mismo para los gránulos del mismo tamaño y de la misma densidad aparente, cualquiera que sea la actividad con que se agiten en el seno del líquido: una vez logrado este régimen, la repartición molecular es un equilibrio reversible, cuya concentración decrece con la altura y presenta gran analogía con la aglomeración de las moléculas gaseosas en cilindros de suficiente elevación, observándose además la ley del decrecimiento en progresión geométrica correspondiente a diferencias de nivel en progresión aritmética [2].

Según esto, si se suponen gránulos tales que, colocados en un desnivel de 6 micrones den una concentración mitad, como los cálculos de la repartición de las moléculas gaseosas del aire dan para el mismo objeto un desnivel de 6 kilómetros, o sea 1.000.000.000 de veces el precedente, se deducirá que el peso de un gránulo de la emulsión es 1.000.000.000 de veces el de una molécula de aire: para el oxígeno a cero grados, el desnivel es de solos 5 kilómetros; para el hidrógeno será 16 veces mayor o sea 80 kilómetros.

Perrin encontró desde el primer momento una concordancia admirable entre los valores obtenidos por este camino y los proporcionados por la teoría cinética, y, a pesar de haber cambiado el volumen, la densidad, la naturaleza y la temperatura de las emulsiones preparadas, de suerte que su viscosidad variaba entre 1 y 150, el valor obtenido para el número N de Avogadro se mantuvo sensiblemente constante, comprendido entre 65×10^{22} y 72×10^{22}, valores muy parecidos al antes hallado 62×10^{22}: en otros ensayos más afinados obtuvo como más

---

(1) *C. R.*, **147**. 475-6.

La ley de Stokes o ley hidrodinámica de la resistencia que opone un flúido al movimiento de una esfera, dice que dicha resistencia es proporcional a la velocidad, al radio de la esfera y al coeficiente de viscosidad del gas. Ha sido modificada por Cunningham (*) lo cual la hace aplicable a las partículas ultramicroscópicas. Pero ambas leyes exigen la forma esférica de las partículas: y la de Stokes no es aplicable tampoco ni a esferas de gran masa, ni a las microscópicas o ultramicroscópicas (**). Por esto se tienen por inexactos los experimentos hechos con las partículas obtenidas por pulverización eléctrica con el arco voltaico como realizó Ehrenhaft, porque se ha probado que los valores anómalos a que conducen son debidos a que no son esféricas (E. Meyer y W. Gerlach, A. Targonski, etc) y su densidad no es la del metal, por modificarse su naturaleza química aun en atmósfera de un gas inerte como el nitrógeno (***).

(2) *C. R.*, 1908, **146**, p. 967-70.

(*) *Proc. Roy. Soc.* London, 1910, **83**.—A., p. 357-365.
(**) Schidlof, *Rev. gén. Sc.*, 1917, p. 585.
(***) Schidlof y Karpowicz, *C. R.*, 1914, **158**, p. 1992.

probable 68.2×10^{22}. Con este dato se hallan la masa de los átomos, la energía molecular de traslación, el átomo de electricidad, los diámetros de las esferas de choque de las moléculas, etc. (1).

Einstein (1905) y Smoluchowski (1906) trataron de investigar la manera cómo se ejecuta este régimen permanente y de caracterizar la actividad del movimiento browniano: para lo cual, haciendo abstracción del trayecto verdadero, pero complicadísimo, que cada gránulo sigue durante un tiempo dado, lo han reemplazado por el segmento rectilíneo que une los puntos de partida y de llegada. Semejante segmento, que representa el desplazamiento del gránulo durante el tiempo considerado, se mide en el microscopio vertical, bajo forma de su proyección sobre el plano de la platina, y forma el desplazamiento horizontal.

El cuadrado medio e^2 de este desplazamiento horizontal, y el cuadrado medio X^2, de la nueva proyección de este desplazamiento sobre un eje horizontal arbitrario, resulta proporcional al tiempo t que tarda en realizarse: por tanto la relación $X^2 : t$ es constante para un grano dado, que se agita en un flúido dado también. Este cociente caracteriza para dicho grano la energía media de traslación del movimiento browniano, siendo condición forzosa que el movimiento sea perfectamente irregular, lo cual supone un tiempo mínimo de irregularidad, que es para una esferilla de 1 μ en el agua un milésimo de segundo: para un líquido cien veces más viscoso, sería cien veces menor.

Análogamente, siendo A^2 el cuadrado medio de la componente horizontal del ángulo de rotación al rededor de un eje, durante un tiempo t, también resulta $A^2 : t =$ constante: constante que caracteriza la actividad de rotación en el movimiento browniano.

Ahora bien, Einstein ha establecido dos ecuaciones, o mejor dicho tres, que enlazan el número N de Avogadro con las citadas constantes de traslación y de rotación de las partículas coloides (2).

---

(1) Resultados análogos a los de Perrin, relativos a la distribución de los corpúsculos, ha obtenido B. Iljin (*) estudiando las emulsiones acuosas de goma arábiga y de aceite de ricino: éste es interesante, porque el número de las partículas aumenta con la altura, dada su menor densidad con respecto al agua.

(2) Una de ellas es $\frac{X^2}{t} = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{3\pi a z}$ (I), en la que a es el radio de la esferilla, z la viscosidad del líquido, R la constante de la ecuación de los gases y T la temperatura absoluta. Pero como Einstein encontró que el coeficiente de difusión de los granos, ocasionada por el movimiento browniano, es la mitad de $X^2 : t$, la fórmula (I) se transforma en esta otra $D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi a z}$ (II): de las cuales se puede deducir el valor de N.

La tercera fórmula es $\frac{A^2}{t} = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{4\pi a^3 z}$ (III): de donde también se puede deducir N.

Ambos cocientes $X^2 : t$ y $A^2 : t$, o sea las energías medias de traslación y de rotación, se parecen en que son directamente proporcionales a R, T, e inversamente proporcionales a N y a z: pero así como la actividad de traslación es inversamente proporcional al radio de la esferilla, la de rotación lo es al cubo de dicho radio, o sea al volumen de la misma esferilla.

Las fórmulas de Einstein (I) y (III) pugnan, pues, con la opinión de Boltzmann, de que las energías medias de traslación y de rotación son iguales en el movimiento browniano.

(*) *Ch., Bl.*, 1912, II, p. 570.

La fórmula de Einstein, según la cual $N = \frac{t}{X^2} \cdot \frac{RT}{3\pi az}$ (1), ha conducido, según los trabajos y medidas experimentales de Perrin (2), en colaboración con Chaudesaigues (3), Dabrowski (4), y Bjerrum (5), a valores de N que oscilan al rededor de 70, habiéndose llegado en dos de las experiencias a 69.5 y 68.8, el último de los cuales presentaba en su favor la particular igualdad de los gránulos de goma-gutta. La gran concordancia de estos valores con los ya hallados, dan a N el valor 68.5×10^{22}, que acepta Perrin (6) como el más probable. No obstante Schidlof (7) es de otra opinión, pues dice "que no se puede dudar de que el valor deducido del número de Millikan es el más exacto que se conoce actualmente", y el valor obtenido por este experimentador es $N = (60.6 \pm 0.1)\ 10^{22}$.

Según, pues, el valor de Perrin, el electrón (en unidades electrostáticas C. G. S.) equivale a 4.2×10^{-10}. En cambio el valor de e hallado por Millikan es 4.77×10^{-10}: así como el calculado por Schidlof y Murzinowska (8) es de 4.738×10^{-10}: y el de Targonski (9) 4.676×10^{-10}.

Estudiando el mismo Perrin (10) la rotación de les gránulos coloidales, de tamaño 70.000 veces mayor que el de los empleados en los estudios de alturas, o sea de 6.50 μ de radio, que muchas veces contienen inclusiones acuosas, muy aptas para servir de punto de referencia, gránulos suspendidos en solución de 27 % de urea en agua, y aplicando la fórmula (III) resulta para N el valor 65×10^{22}, correspondiente al ángulo de rotación de 14°, siendo así que el obtenido experimentalmente es de 14.5°.

Finalmente, según la fórmula de difusión de Einstein $D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi az}$ (11)

---

(1) *Ann. der Physik*, (4), **19**, p. 371.
(2) *C. R.*, **147**, p. 1380.
(3) *C. R.*, **147**, p. 1044-6.
(4) *C. R.*, **149**, p. 477-9.
(5) Perrin y Bjerrum (*) determinaron el valor de N, según la fórmula de Einstein, sirviéndose de una emulsión de goma-gutta en glicerina: en ésta los movimientos brownianos quedan muy amortiguados, pero pueden aún medirse. N resulta $= 64.10^{22}$.
(6) *Les atomes*, p. 177.
(7) *Rev. gén. des Sc.*, 1917, p. 591.
(8) *Arch. Sc. ph. nat.*, **40**, p. 486-504, 1915. — *Chem. Abstr.*, 1916, p. 837.
(9) *Arch Sc. ph. nat.*, **41**, p. 181-208.—*Chem. Abstr.*, 1916, p. 1952.
(10) *C. R.*, **149**, p. 549-51.
(11) La fórmula de Einstein ha sido objeto de muchas comprobaciones experimentales y parece que tiene bastantes probabilidades de ser exacta. A. Westgren (**) la ha hallado tal aplicándola a soles de oro y de selenio. El valor de N, que le resultó como medio, fué $N = (60.6 \pm 2)\ 10^{22}$ y en otros ensayos $(60.5 \pm 0.3)\ 10^{22}$, muy parecidos al hallado por Millikan $(60.6 \pm 0.1)\ 10^{22}$. El mismo Westgren ha encontrado que el valor medio de la energía cinética de los gránulos es independiente de su peso molecular. También ha hallado exacta en el aurosol la ley de Stokes, sobre la velocidad de precipitación de los gránulos (***).

No obstante Bancelin (****) atribuye inexactitud a la fórmula de Einstein, para evaluar la viscosidad de un líquido $K' = K(1 + \varphi)$ siendo K' la viscosidad de la emulsión, K la viscosidad de la solución φ el volumen total de las partículas en suspensión. Ni tampoco admite la modificada $K' = K(1 + 2.5\,\varphi)$. — Debe ser, según Bancelin, $K' = K(1 + 2.9\,\varphi)$ El N deducido de una solución de 1 % de azúcar es 70.10^{22}.

(*) *C. R.*, **152**, p. 1569-71.
(**) *Zft. f. physik. Chem.*, 1914, **89**, p. 63-90.—*Ch. Abstr.*, 1915, p. 737.—*Ch, Bl.*, 1915, I, p. 1299.
(***) *Zft. f. anorg. Chem.*, 1915, **93**, p. 231-66.—*Ch. Abstr.*, 1916, p. 551.
(****) *C. R.*, **152**, p. 1382.

aplicada a las emulsiones coloidales y estudiada prácticamente por León Brillouin, con gránulos de 0.514 μ de radio, suspendidos en solución acuosa de glicerina (de viscosidad 165 veces la del agua a 20°), ha dado para N el valor 69×10^{22} (1).

De donde resulta que, habiéndose hecho los ensayos con las emulsiones coloidales en condiciones tan variadas de temperatura (-9° a 58°), de viscosidad del emulsionante (1 a 330), de la masa de los gránulos (de 1 a 70.000), de dimensiones de los mismos (de 0.212 μ a 5.50 μ), con coloides de naturaleza distinta y con disolventes también distintos (agua, agua glicerinada, glicerina, solución acuosa de urea, agua azucarada), y habiéndose llegado a valores de N que oscilan entre límites muy próximos, el valor medio $N = 68 \times 10^{22}$ puede tenerse como probable y como valedero para los mismos gases.

Omito otros ingeniosos e inconexos procedimientos, que conducen a la determinación del valor de N, porque no se apoyan en los coloides, que son el asunto de esta disertación. No obstante tiene bastante analogía el de Seelis (2), que empleó polvo centrifugado de cinabrio, fundado en que considera el movimiento browniano molecular como una función del rozamiento interior. Llegó al valor de $N = 72 \times 10^{22}$, y por tanto muy análogo al de la fórmula de Einstein, a pesar de haber tomado solución de glicerina en agua de gran viscosidad.

* * *

No se crea, sin embargo, que las conclusiones sacadas con el estudio experimental de los coloides sean decisivas: sus valores más afinados están poco conformes, si no en abierta discordancia con los hallados por otros procedimientos, cuyo valor científico parece bien comprobado: y si bien es cierto que los errores son proporcionalmente pequeños (5 ó 10 °/₀), no obstante, dado el valor absoluto de las moléculas contadas es enormemente grande, pues se trata de cuatrillones.

Los valores hallados por Perrin son, en efecto, mayores que los proporcionados por la radiación negra. Son también mayores que los obtenidos partiendo del valor de e, en el supuesto, justificado por multitud de hechos, de que esta

---

(1) El método de Brillouin (*) es nuevo: consiste en que, en disoluciones muy viscosas, con más de 88 °/₀ de glicerina en agua, los corpúsculos se adhieren a las paredes del vaso. Acidulando suavemente esta solución glicérica, se observa que todas las particulitas que ejecutan movimientos brownianos y tocan a una pared, se fijan en ésta, con lo cual la emulsión se empobrece en su vecindad. Con esto se establece una corriente de corpúsculos desde la parte más rica a la más pobre, y poco a poco, todos se van pegando a las paredes. La numeración de las particulitas adherentes se obtiene por fotografías tomadas en el microscopio: así obtuvo dicho autor $D = 2.32.10^{-11}$ C. G. S.: y siendo z (para $t = 38.7°$) 1.65 C. G. S , la fórmula de Einstein da el valor de N, el cual resultó ser 69.10^{22}.—El valor de D resulta de la igualdad $H = \frac{n D t}{2}$, donde H es el número de partículas adherentes a la pared, n el de las contenidas en la unidad de la emulsión, t el tiempo y D el coeficiente de difusión.

(2) *Zft. f. physik. Chem.*, 1913, **86**, p. 682-739. — *Ch. Bl.*, 1914, I, p. 1728. — *Ch. Abstr.*, 1914, p. 2289.

(*) *Ann. Chim. Phys.*, (8), **27**, p. 412-23.—*Ch. Bl.*, 1913, I, p. 369.

carga del ión electrolítico monovalente es una constante universal. Pues en tal caso, siendo

$Ne = 2.895 \times 10^{14}$ unidades electrostáticas C. G. S., resulta

$N = 6.06 \times 10^{23} = 60.6 \times 10^{22}$

que difiere, como se ve, en 8×10^{22} del valor dado por Perrin.

Queda, es verdad, la duda sobre el valor de *e*. Pues, mientras que las determinaciones hechas con esferillas de aceite, de mercurio y de goma laca conducen al valor dicho, las realizadas por Roux con esferillas de azufre sobrefundido, confirman los valores de Perrin [1].

Es cierto que Ehrenhaft [2] y su discípulo Konstantinowski [3] niegan las leyes del movimiento browniano establecidas por Einstein, así como la constancia de *e*, puesto que hallan a esta carga del electrón proporcional al radio de la esferilla y por tanto a su capacidad eléctrica. Pero, en cambio, R. A. Millikan [4] y H. Fletcher [5] y C. F. Eyring [6], que han estudiado los movimientos brownianos en los gases, tomando gotitas aceitosas, hallan exactas las ideas de Einstein, y llegan al valor de *N*, dado por Perrin. Además, según parece cierto, el método de Ehrenhaft, que emplea el arco voltaico para preparar sus esferillas de mercurio, es fundamentalmente erróneo, aun empleando un gas inerte, como el nitrógeno o el carbónico, como antes se indicó, pues las gotitas resultantes quedan físicamente (estructura) y químicamente modificadas, como lo certifica el hecho de que pulverizado mecánicamente el mercurio, revisten sus particulitas caracte-

---

(1) Roux, *C. R.*, 1911, **152**, p. 1168: ibid., 1912, **155**, p. 1490.

(2) *C. R.*, **158**, p. 1071.

(3) *Ann. Phys.*, 1915, **46**, p. 261-97.—*Ch. Abstr.*, 1915, p. 2182.

(4) R. A. Millikan (*) ha perfeccionado el método de Thomson y Wilson, para determinar la caída de las nieblas de gotitas formadas por el aire ionizado, hallando que la ley de Stokes es verdadera. Con los vapores de agua y de alcohol se encontró que la oarga de las partículas positivas es un múltiplo exacto (de 2 a 6) de 4.65×10^{-10} Los valores hallados por otros caminos dan 4.69×10^{-10}. En otras determinaciones (**) llegó al valor de $e = 4.9016 \times 10^{-10}$ para gotitas de gran tamaño: mientras que para las más pequeñas aumentó probablemente hasta $e = 7.4 \times 10^{-10}$, lo cual falsearía la ley de Stokes para dicho caso. Pero este valor anormal fué corregido en nuevos ensayos hechos en colaboración con H. Fletcher(***) por el valor $e = 4.891 \times 10^{-10}$, muy parecido, como se ve, con el primero.

En más recientes trabajos, que merecen mayor confianza por las notables mejoras introducidas en su método, llega Millikan al valor $e = (4.744 \pm 0.009)\ 10^{-10}$ y al número de moléculas contenidas en la molécula-gramo $N = (60.62 \pm 0.12)\ 10^{22}$, que antes apuntamos (****).

Finalmente, esmerándose en la perfección de los aparatos y del ensayo, y determinando de nuevo con gran cuidado todas las constantes auxiliares necesarias para los cálculos, apunta Millikan en muy recientes trabajos (*****) el siguiente valor para *e* : $e = (4.774 \pm 0.005)\ 10^{-10}$, que es el mismo obtenido en los ensayos precedentes de 1913. Este valor conduce al de $N = (60.62 \pm 0.6)\ 10^{22}$.

(5) *Phil. Magaz.*, (6) **21**, p. 753-70.—*Ch. Bl.*, 1911, p. 926.—*Le Radium*, **8**, p. 279-86 — *Ch. Bl.*, 1911, p. 1411.

(6) *Phys. Rev.*, 1915, (2), **5**, p. 412-17.—*Ch. Abstr*, 1915, p. 2182.

(*) *Phil. Magaz.*, 1910, (6), **19**, p. 209-28.—*Ch. Bl.*, 1910, I, p. 986.

(**) *Phys. Zrft.*, 1910, **11**, p. 1087-1109.—*Le Radium*, **7**, p. 345-50.—*Ch. Bl.*, 1911, I, p. 194.

(***) *Phys. Zrft.*, 1911, **12**, p. 161-3.—*Ch. Bl.*, 1911, I, p. 1027.

(****) *Phys. Zrft.*, 1913, **14**, p. 796-812.—*Ch. Bl.*, 1913, II, p. 1541.—*Ch. Abstr.*, 1913, p. 3701.

(*****) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **3**, p. 314-6.—*Ch. Abstr.*, 1917, p. 2422.

res distintos enteramente de los que ofrecen las preparadas por Ehrenhaft: así lo han comprobados Schidlof y Karpowicz [1] y Targonski [2].

A pesar de todo, el estudio de los movimientos brownianos y los métodos de su experimentación realizados por medio de las pseudo-soluciones coloidales, presentan gran interés, originalidad y provecho en el terreno doctrinal físico-químico. Pero no se puede omitir aquí una advertencia importante, y es, que los movimientos brownianos de los coloides se realizan en el seno del disolvente y que, si bien las partículas coloidales (que distan mucho de ser moléculas), aparecen ahora claramente discretas en el campo microscópico, todavía el líquido que las envuelve aparece del todo continuo. Por tanto los nuevos descubrimientos de los coloides dejan en pie la continuidad de la materia, que tiene en su favor robustos argumentos que la experiencia no ha menoscabado y que las solas hipótesis cinética, atomística y electrónica no bastan para desvirtuarlos. Además hay que recordar que hoy algunos físicos suponen continuo al éter cósmico, medio ficticio ideado para explicar las radiaciones térmicas, lumínicas y eléctricas [3].

* * *

Si a lo dicho se añade la multitud de cuerpos cada día creciente que se nos presentan bajo forma coloidal, y los métodos ingeniosos que la Química ofrece para su obtención, se verá la importancia que para esta Ciencia tiene aquel estado relativamente nuevo de la materia. Porque, si bien es cierto que de antiguo se conocen muchos cuerpos de consistencia gelatinosa, sobre todo entre los orgánicos y organizados; todavía, en el campo puramente químico, eran muy contados los que se manifestaban en semejante forma: un hidrato férrico, un hidrato de aluminio, un ácido silícico, etc. Pero hoy apenas si hay cuerpo que no se nos presente con esa modalidad, pudiendo casi decirse que es uno de los estados ordinarios de la materia y que no hay cuerpo que, en unas u otras condiciones, no sea capaz de adquirirlo.

De los elementos, pasan de 40 los que obtiene como coloides sólo el método eléctrico de Bredig, con las modificaciones de The Svedberg [4] y de Billitzer, y algunos otros se preparan por el método químico de los reductores, y por el

---

(1) *C. R.*, 1914, **158**, p. 1992.

(2) *Arch. des Sc. Phys. et nat.* (Ginebra), **41**, p 181-208; p. 269-86; p. 357-75.—*Ch. Abstr.*, 1916 p. 1952 y 2128.—*C. R.*, **161**, p. 778-81

(3) Bouty. *Scientia*, 1916 **19**, p. 267.

(4) The Svedberg ha preparado los hidrosoles de sodio (rojo) y potasio (azul) en el seno del pentano y del metano líquido (*). Su método es una modificación ventajosa del de Bredig, utilizando corriente alternativa, en vez de la continua, previa la interposición de una gran capacidad. Por lo cual se ve que si se emplean disolventes inertes, se elimina totalmente el oxígeno y se hace uso de bajas temperaturas, se pueden preparar los hidrosoles de los metales alcalinos. Para esto no hacen falta los eléctrodos del metal, sino que se usan los de platino, poniéndolos en contacto con el trocito de metal depositado en el seno del líquido.

(*) *Ch. Bl.*, 1908, I, p. 88.

no menos ingenioso de Paal. La hidrólisis, así como el citado método de Paal, nos da muchos óxidos e hidróxidos: las dobles descomposiciones varios ácidos y numerosos sulfuros: la simple disolución de no pocas substancias de fabricación moderna, como los colorantes, se presenta muchísimas veces en estado coloidal, así como la dilución en el agua de soluciones alcohólicas de productos naturales, como las gomas, resinas, etc.,etc., es un medio fácil para obtener semejantes pseudo-soluciones.

Es, pues, un capítulo especial hoy en la Química práctica la preparación de coloides, no sólo para obtenerlos, sino para prepararlos estables, puros, concentrados, etc. Así Paal, sirviéndose de sus productos favoritos, los protalbinatos y lisalbinatos alcalinos, llega a soluciones coloidales de 30 a 43 % de mercurio coloidal [1] de 23 a 63 % de óxido de plata coloide: de 25 a 93 % de oro coloidal, etc.

Ni es menos interesante el sistema fotoquímico, apoyado en el fenómeno descubierto por Lenard y Wolf en 1889, de que los metales expuestos a la acción de la luz ultraviolada quedaban en estado de fina pulverización. El profesor de Upsala, Svedberg, dióle un nuevo giro y obtuvo en 1909 coloides metálicos por la acción de los rayos ultraviolados. Estos, como sabemos, forman parte de los rayos solares, dándonos el espectro obscuro de ondas mínimas: así que, si la solución de cloruro áurico, que contenga agua oxigenada o ácido oxálico o alcohol etílico o paraldehido o exametilenotetramina, se expone a luz solar directa o difusa o a la acción de una lámpara de vapores de mercurio, se reduce el oro a forma coloidal. Aunque la luz difusa es la más lenta en la transformación y la más activa la luz solar directa, ambas dan el mismo aurosol, difiriendo en cambio del obtenido por la lámpara de mercurio [2].

Análogamente H. Nordenson [3] prepara coloides de plata, sumergiéndola en alcohol metílico, etílico, propanona, y agua, y sometiéndola a los rayos X, o a los ultraviolados o bien a la acción del radio, tal vez, como supone este autor por formarse agua oxigenada y por su medio el hidrato de plata, que, a su vez, se reduce a metal coloide por la acción de la luz. A la misma causa podría atribuirse la formación del aurosol en las experiencias de Donau [4], que consistieron en pasear, por la superficie de una solución acuosa de cloruro áurico, una llama oxhídrica, obteniendo un coloide de oro violeta o azul: si la llama es de hidrógeno, el aurosol es rojo: si junto a la superficie se producen descargas de chispas eléctricas, se forma también aurosol rojo: este autor, sin embargo, atribuye el resultado al poder reductor de los óxidos de nitrógeno formados.

* * *

Si descendiéramos a buscar las aplicaciones prácticas de los coloides y nos

---

(1) *Ber.*, 1902, p. 2219.
(2) F. Hartwagner, *Koll. Zft.*, 1915, **16**, 79-80.—*Ch. Abstr.*, 1915, p. 2171.
(3) *Koll, Beihefte*, **7**, 110-36.—*Ch. Abstr.*, 1915, p. 3003.
(4) *Kolloid. Zft.*, 1915, p 81. *Ch. Abstr.*, 1915, p. 2175

detuviéramos en el terreno de la Química pura, hallaríamos que no son tantas que merezcan detenida atención: pero no se nos podría pasar inadvertida la actividad hidrogenante del hidrosol de paladio, que excede en mucho a la del negro del mismo metal y a la del platino, como lo prueba el hecho de que, si en una solución alcohólica de nitrobenceno hay paladio coloidal y se le lanza hidrógeno, al cabo de 15 minutos ya hay anilina presente, lo cual no sucede si el paladio está en forma de negro [1].—Con el mismo paladiosol se transforma el ácido oleico o sus sales alcalinas o esteres en los correspondientes ácido esteárico y sus derivados: resultado que puede tener importancia en la práctica industrial.

También se ha aplicado el paladio coloidal al análisis de gases, método fundado en que este coloide no sólo es absorbente del hidrógeno, sino también transportador del mismo sobre otros cuerpos oxigenados a los cuales hidrogena [2].

Todavía ha habido una modificación importante en este método de Paal y ha sido introducida por A. Skita con J. von Bergen y E. Schonberger [3]. Consiste en añadir a la solución acuosa o alcohólico acuosa, que se ha de reducir, una pequeña cantidad de cloruro de paladio, más goma arábiga como coloide protector, que permite operar en solución ácida, lo cual no admite el método de Paal: además da al hidrógeno una ligera presión. Hay, pues, la ventaja de no ser preciso aislar ni evaporar el coloide de paladio, sino emplearlo tal cual: por este camino han sido muchas las hidrogenaciones que se han podido hacer [4].

* * *

Más en número y más importantes son las utilidades que reportan la agricultura, la industria, la medicina y la farmacia, del estado coloidal: y pues no es posible citarlas una a una, y muchas de ellas son bien conocidas de todos, bastará indicar algunas de las más importantes o menos vulgarizadas.

Las plantas deben en buena parte la humedad que hallan en la tierra, al humus coloidal, pues, según se desprende de experiencias recientes, este humus absorbe la humedad, a la manera que la gelatina, y la conserva, dando frescura al suelo en beneficio de los vegetales. Análogamente otros coloides existentes en el suelo, como la arcilla, la alúmina hidratada y el hidróxido férrico se combinan por adsorción con algunos abonos solubles, como las sales de potasio, los fosfatos, etc., y los retienen, para que las plantas puedan nutrirse con ellos: providencia estimable, pues, dada la solubilidad de tales abonos, gran parte se perdería inútilmente, arrastrados por las lluvias, que los transportarían al subsuelo, con eficacia nula, o poco menos, para la vida de los vegetales.

---

(1) Paal, *Ber*, 1906, p. 1550.—Paal y Gerum, *Ber.*, 1907, p. 2209.

(2) Paal y W. Hartmann, *Ber.*, 1909. p. 2239.—Este método han aplicado con ventaja O. Wallach (*), E. Meyer, F. Pohle, F. Challenger y F. Ritter, así como L. Oldenberg y W. Borsche (**).

(3) *Ber.*, 1909, p. 1627

(4) Véase A. Skita, *Ueber Katalytische Reduktionen organischer Verbindungen — Stuttgart*, 1912, p. 20 y siguientes.

(*) *Ann.* **381**, p, 51.—*Ch. Bl.*, II, 1911, p. 1794.

(**) *Ber.*, 1911, p. 1829.

En el comercio corren unos productos lubrificantes con los nombres *aquadag, waterdag, oildag, etc.* La desinencia *dag* está formada por las tres primeras letras de *defloculated-Acheson-graphit* y alude a lo siguiente. El inventor del carborundo, el Dr. E. G. Acheson, obtiene en el horno de su invención un grafito artificial, partiendo de la antracita. Aunque se le pulverice finamente, si se le pone en suspensión en el agua o en el aceite, pronto se va al fondo: pero si se trata previamente por una solución de tanino, adquiere una estabilidad tal, que no flocula al mezclarlo con aquellos disolventes. Estas suspensiones coloidales de grafito, filtradas a presión al través de la goma, quedan en forma de pasta, la cual puede después mezclarse con el aceite y da un lubrificante mucho más eficaz que la grasa misma y es hoy un artículo comercial.

En las azucareras tenemos una hermosa aplicación de la Química de los coloides, pues en la depuración química actual de los jarabes, según G. Fouquet (1) la cal empleada para la depuración de los zumos, precipita desde luego los coloides positivos: luego, bajo la acción del anhídrido carbónico, hay arrastre de una cierta cantidad de coloides negativos: y el aluminio, preconizado ya desde hace algunos años, precipitaría en seguida a estos últimos, albúmina, almidón, dextrina y goma (2). Este efecto se funda en el hecho bien comprobado de que las partículas coloidales llevan su carga eléctrica propia: la neutralización de esta carga por iones de signo contrario, les hace perder su carácter coloidal y las precipita (3).

Por esta razón se aplican varios coloides a la depuración de aguas potables o industriales: como que una solución coloidal de hidróxico férrico es capaz de quitar casi todo el anhidrido arsenioso contenido en otra solución: y como análoga propiedad depurante presenta la alúmina, se comprende la feliz aplicación que para purificar las aguas se ha dado a un compuesto artificial, denominado *Alumino-férrico*. Este, que se fabricaba antes en Estados Unidos, se está preparando ya en otras partes, y así el Dr. Atilio A. Bado y el ingeniero Mario L. Negri, de Buenos Aires, acaban de levantar una gran fábrica, de la cual han salido ya unas 3.000 toneladas de aquel coagulante, con el que vienen saneando los 380.000 metros cúbicos de agua durante el invierno y primavera y los 500.000 durante el verano que consume diariamente la populosa Capital de la República Argentina.

Estos resultados obtenidos por los coloides son debidos al *fenómeno de adsorción*: fenómeno que va unido a todo cuerpo que presenta gran superficie; pues en el contacto de ambas fases sólida y flúida se desarrolla energía superficial (una prueba la dan los objetivos de inmersión en los microscopios), la cual en mezclas bien homogeneizadas, es proporcional al área del sólido y a la naturaleza

(1) *Bull. de l'Assoc. des Chimistes*, Juin, 1908.
(2) *Rev. gén Sc.*, 1908, p. 764.
(3) Véase nuestra obra *La Catálisis Química*, núm 607 y siguientes.

del flúido que lo envuelve. Al rededor del sólido se concentra, pues, la solución, y esta capa concentrada se adhiere con gran fuerza a la superficie del sólido, quedando con esto más y más débil la disolución restante. Así se explica el poder decolorante tan enérgico del carbón, del caolín, de la tierra de bataneros, etc., corrientemente empleados en multitud de industrias. Porque la superficie exterior de un sólido aumenta hasta lo increíble por la subdivisión. Así un gramo de arena que pase por el tamiz de 10 mallas (diámetro de los granos unos 2 milímetros), consta de unos 212 granos con una superficie de 15 centímetros cuadrados. Si se pulveriza hasta pasar por el tamiz de 200 mallas (0.08 mm.), habrá cerca de 1.500.000 granos, y su superficie mide 283 cm.^{2}. Con granos de 0.0025 mm. se tendrían unos 46$_2$000.000$_1$000.000 de granos, y su superficie sería igual a 9.000 cm.^{2} (1).

Ahora bien, teniendo en cuenta que las partículas coloidales son del orden del micron y aun mucho menos (μ = 0.001 mm.) se comprende la enorme área que ha de sumar la infinidad de ellas contenida en las soluciones coloidales.

Por esto la tintorería es otra aplicación de la adsorción de los colorantes realizada por las fibras vegetales o animales, como ocurre con los colores substantivos, o bien del depósito coloidal del mordiente sobre la fibra, para combinarse después con el tinte, o bien de la compenetración del colorante, coloidal, en estado de sol con la fibra y su tránsito a gel mediante la adición de determinadas sales, o bien finalmente bajo la influencia de cargas eléctricas de signo contrario existentes en las fibras textiles y el sol colorante, que se neutralizan dando por resultado la precipitación del tinte en forma de gel insoluble.

Ni es menos interesante, aunque de todos conocida, la fabricación de las llamadas placas secas fotográficas al gelatino-bromuro de plata. Para lo cual, disueltos separadamente el bromuro potásico y el nitrato de plata en agua pura, se les añade la gelatina: haciendo la mezcla de ambas soluciones, se forma el bromuro de plata que queda en suspensión coloidal muy uniforme. En lo cual es oportuno observar esta propiedad preciosa de las soluciones gelatinizadas que las coloca entre los sólidos y los líquidos, pareciéndose a éstos en su poder disolvente de los cristaloides a los que permiten una franca difusión en todo comparable a la del agua pura (2). Un experimento fácil de realizar que comprueba este fenómeno nos lo proporciona el cromato de plata (3).

---

(1) Otro ejemplo más claro puede ser éste. Si un cubo de un centímetro de lado se subdivide en cubitos de 0.01 μ, dará 10^{18} gránulos con 600 m^2 de superficie. Fraccionado en cubitos de 0.001 $\mu\mu$ se obtendrían 10^{30} partículas y una superficie total de 6 Km^2.

(2) Reformatsky, *Zft. ph. Ch*, 1891, **7**, p. 34.—*Ber. Ref.*, 1891, p. 141.

(3) Si 10 gr. de solución de gelatina al 10 %, que contienen una gota de ácido cítrico al 5 % y 5 gotas de dicromato potásico al 5 %, se dejan solidificar parcialmente en una placa, y se colocan en el centro de la misma 3 ó 4 gotas de solución de nitrato de plata al 25 %, después de 24 horas aparecerá una mancha central pardo-rojiza de dicromato de plata, rodeada de anillos del mismo cuerpo. Análogo resultado se obtiene cuando la solución concentrada de amoníaco se hace flotar en un tubo de ensayo sobre una solución de gelatina solidificada que contiene varias gotas de solución de permanganato potásico al 0.5 %.

Las pilas secas son una nueva aplicación de la misma, pues su líquido electrolítico está gelatinizado. Y sobre todo es de interés en el arte de la guerra la fabricación de la pólvora sin humo, solución coloidal de nitrocelulosas, así como la de la dinamita-goma, que se prepara gelatinizando el algodón pólvora con la nitroglicerina y dando como resultado uno de los explosivos más formidables.

Por fin una muy reciente industria fundada sobre el estado coloidal es la de los pavimientos de asfalto. Los asfaltos, sean naturales, sean artificiales, son una mezcla heterogénea de dos fases, una sólida, polvo fino mineral, y otra líquida, el betún. El estudio físico-químico de este sistema ha demostrado que, cuanto más fino es el mineral en una capa de asfalto, tanto mejor resultado da el pavimento.

Que un sólido quede o no en estado coloidal, depende no sólo del estado finísimo de sus partículas, sino también de la consistencia y viscosidad de la fase líquida que lo dispersa. Por esto un polvo finísimo que en el agua se precipita rápidamente, puede quedar en forma coloidal si se le suspende en un líquido viscoso, cual lo proporcionan los residuos pesados de la destilación de los petróleos o en el betún natural puro. Así el asfalto de La Trinidad contiene hasta el 25 por 100 de polvo mineral, que, aun cuando debería precipitarse, a juzgar por su tamaño relativamente grande, (pues no pasa por el tamiz de 100 mallas), todavía por la viscosidad del líquido que lo envuelve, queda en suspensión coloidal. Como es lógico, cuanto más finos sean los granos, tanto mejor se forma el coloide.

Por procedimientos industriales, es posible dar a los polvos minerales la finura que les aproxime al tamaño de 0.01 μ que pueden ser ya mirados como coloidales respecto del agua [1].

Pero la misma naturaleza nos presenta con frecuencia la arcilla coloidal, sobre todo la que resulta de la sedimentación: por esto se difunde fácilmente en el agua. En este estado, emulsionada en el betún, calentándolos a temperatura inferior a la ebullición del agua, (porque la arcilla desecada no se presta a quedar en estado coloidal, aun con el mismo betún); si después de bien emulsionada la mezcla se calienta para expulsar el agua, la arcilla queda enteramente difundida en el betún formando un verdadero coloide. Como el betún sirven también algunos residuos de la destilación de los petróleos [2].

De las aplicaciones de los coloides a la Medicina y a la Farmacia muchísimo se podría decir, pero puede concentrarse en esta idea; que una gran mayoría de los productos que se utilizan, se hallan en estado coloidal; mucílagos, gelatinas, glicerolados, emulsiones, etc., a los cuales se han venido a sumar recientemente

---

(1) Tratando 3 Kg. de arcilla purificada (acidulada y lavada) con 300 l. de agua y 250 cc. de solución amoniacal, y dejándola estar unos 6 meses a temperatura casi constante, queda una capa superior opalescente que, en el ultramicroscopio acusa la presencia de partículas de 140 μμ aproximadamente. El coloide no se deposita por centrifugación y filtrado con el ultrafiltro de Zsigmondy, da una masa pegajosa, córnea, muy transparente. Esta se halla contenida en la arcilla hasta 1 % y es de gran importancia en sus propiedades aglutinantes (*).

(2) *Metall. and Chem. Engin.*, 1907, **17**, 650-4.

(*) P, Ehrenberg y G. Given, *Koll. Zft.*, 1915, **17**, p. 33-7.—*Ch. Abstr.*, 1915, p. 3158.

muchos coloides metálicos, preciosos medicamentos antiinfecciosos y otros con caracteres específicos (colotiol (S), electro-cuprol (CuO), electro-marciol (Fe), electro-mercurol (Hg), electro-seleniol (Se), etc.).

Y hago caso omiso de las relaciones entre la Biología y el estado coloidal, porque me limito en mis trabajos a la Química pura. Sólo, sí, debo advertir que es tal la importancia que el coloide presenta en los estudios biológicos, que puede decirse que hoy está constituyendo uno de los temas más transcendentales, si no el más transcendental de esa rama tan importante de las modernas Ciencias Naturales: como que los líquidos del organismo vivo son en su mayoría coloidales, y por tanto en su seno, y según las leyes que regulan este estado, se realizan las reacciones físico-químicas, que sirven de base al principio de la vida para transformar la materia inerte y convertirla en propia y específica substancia, para atender al desarrollo de las diversas partes de su sér, para expulsar los productos perniciosos resultantes del metabolismo orgánico y proveer con exquisito cuidado a la conservación de la especie [1].

Termino, Excmo. Sr. Presidente y Sres. Académicos, por donde he comenzado, ofreciéndoos el testimonio de mi afecto y de mi gratitud, y a la vez mis mejores deseos de colaborar con vosotros para sostener el renombre de esta Real Corporación y ayudar al progreso de las ciencias en nuestra Patria, la cual ve con gozo levantarse por doquiera nuevos Centros de estudio e investigación, iniciarse nuevas industrias, beneficiarse más y mejor muchas riquezas naturales de nuestro suelo, antes perdidas, y estimularse los ingenios de sus hijos, adormecidos tanto tiempo con el sopor de la desconfianza, de la desidia y de la inacción.

HE DICHO

---

(1) Sobre este asunto remitimos al lector a los hermosos trabajos del Dr. Rocasolano, ampliamente expuestos en su obra ya citada *Estudios físico-químicos sobre la materia viva*. Aunque lamentamos que un amigo tan querido y un caballero tan cristiano y tan cabal haga pública profesión de militar en el campo antivitalista: siéndonos forzoso tener que manifestar que de ningún modo admitimos sus ideas mecanicistas sobre la vida, porque las juzgamos insuficientes para explicar todas las operaciones vitales y porque las tenemos por falsas en el terreno filosófico.

DISCURSO DE CONTESTACIÓN

por el académico numerario

Dr. D. Eugenio Mascareñas

Excmo. Sr.:

Señores:

La exposición seria, documentada y al mismo tiempo concisa, que del nuevo e interesante capítulo de los estudios químicos, que se conoce con el nombre de estado coloidal de la materia, acaba de hacer el P. Vitoria en el discurso, que como memoria de recepción nos ha leído, escuchado por todos con deferente atención y aplaudido con sincero entusiasmo, es la prueba mejor y más elocuente de lo acertada que estuvo nuestra corporación al elegirle como Académico numerario en 28 de Abril de 1917, después de los nueve años en que venía figurando, como correspondiente, en las nóminas del personal de nuestra casa. Aquí, por virtud de un feliz y muy justificado acuerdo, es llamado el nuevo académico para que sus entusiasmos por la ciencia, sus dotes de pedagogo y su incansable actividad en la difusión de los conocimientos químicos, cualidades que todos le reconocemos, sean puestas a contribución en la labor cultural que desde su origen persigue con incansable afán nuestro secular instituto. Porque justo es que elija, en el medio ambiente intelectual que le rodea, aquellos hombres de ciencia y de buena voluntad, que mejor dispuestos se hallen para continuar la nunca interrumpida labor que desde el 18 de Enero de 1764 hasta la fecha, viene realizando, para honra y gloria de sus fundadores y en provecho de nuestra muy querida ciudad de Barcelona.

Bien hace el P. Vitoria en recabar para su augusta madre, la invicta corporación religiosa que le cuenta en su seno, todos los merecimientos de su labor científica y de su sacrificio personal. Cual hijo sumiso de ella pone a sus pies los trofeos alcanzados con su trabajo, elige a la humanidad por compañera y en pos siempre de ella sigue constante su camino, amándola no sólo por la belleza que para todos tiene como virtud, sino también por el sagrado e inmarcesible carácter que para él reviste como voto.

Esta gran virtud de la humildad, que tanto enaltece la conducta del verdadero sabio y más aun la del religioso, no ha de ser obstáculo para que nuestro distinguido apadrinado desmaye en la empresa que por sus superiores le fuera encomendada, porque hijo de la obediencia y de la disciplina por una

parte, y enamorado por otra de la Verdad suma que reside en Dios, sabe muy bien que las verdades finitas, esencia de los diferentes conocimientos humanos, son a manera de partecillas, no por pequeñas menos preciosas, desprendidas de aquel foco inagotable, que a la vez que de suma Verdad, lo es también de suma Belleza y de sumo Bien. Y sabe asimismo que es deber humano ineludible, tanto para aquellos que dirijen sus pasos por las sendas de la obligación y de la disciplina, como para los que se mueven con entera libertad. cultivar las luces naturales que les fueran concedidas por altísimo designio, en el modo y forma que más fecundas resulten, para allegar al acervo común de los conocimientos humanos el óbolo de nuestra labor personal, no por modesta, menos digna de estimación y de aprecio.

Tales me figuro que han sido los sentimientos y las ideas arraigadas en el ánimo del R. P. Vitoria al recibir de sus superiores en 1893 la orden de consagrarse al estudio de la Química, ya que desde aquel momento su actividad se muestra infatigable, sin decaer un solo instante. Y consecuente con ellos pone en seguida su pensamiento en obra, y al cabo de dos cursos de fructífera labor, seguidos con particular empeño, entre las Universidades de Barcelona y Valencia, termina en esta última, la de su país natal, en 1895, con brillantes calificaciones, la licenciatura en Ciencias, sección de las físico-químicas, y continúa algunos años más consagrado a la enseñanza de estas ciencias en distintos colegios de su orden, hasta que más tarde, después de haberse ocupado algunos meses en trabajos prácticos de laboratorio sobre análisis mineral y síntesis orgánica, bajo la dirección de los doctores Casares y Brugués, quienes con sumo gusto, le guiaron en sus estudios, recibió de sus superiores la orden de salir para el extranjero, con objeto de perfeccionar allí sus conocimientos químicos.

Momentos de suprema emoción debieron ser estos para nuestro querido recipiendario, que ávido del saber y amante de su orden y de su patria, veía colmarse la medida de sus aspiraciones y de sus anhelos, al atravesar la frontera, y poder recibir nuevas lecciones y sabias enseñanzas en otros países, distantes del suyo, en donde la ciencia protegida, considerada y cultivada con el más fervoroso interés rinde copiosos frutos de bienestar y de progreso.

En tal disposición de ánimo llegó el P. Vitoria a Lovaina, y allí, en su célebre Universidad católica, fué recibido por sus profesores cordialmente, pues tuvieron para él y para su patria, la deferencia de admitirle como válidos los estudios de la licenciatura, aquí realizados, y hasta aquel cursillo de prácticas de síntesis orgánica que antes mencioné. Así pudo matricularse, en seguida, en los cursos del doctorado y bajo la dirección de los profesores MM. Louis y Paul Henry, Blas y Kaisin, realizó en el espacio de dos años los estudios de Química-física, Análisis mineral, Cristalografía y Metodología especial aplicada a la Química orgánica, que constituyen en el mencionado centro de enseñanza la materia de los estudios superiores. En las largas horas de laboratorio, destinadas al conocimiento práctico de aquellas doctrinas, iba alternando el P. Vitoria su

labor experimental con las investigaciones propias de la tesis del doctorado, a fin de que terminados los citados estudios, con severos exámenes con tribunal y sin programa, pudiera aspirar al diploma del doctorado, que le fué concedido en 1904. Su interesante tesis doctoral sobre el isopropanol triclorado 1,1,1, fué publicada en el Bulletin de l'Académie Royal de Belgique (classe des sciences) en el mismo año.

De tal suerte acabó de recibir el P. Vitoria, en uno de los países más cultos de Europa, no sólo los conocimientos, sino lo que importa aún más al investigador en el estudio de las ciencias de la naturaleza, la educación y destreza para guiarse por sí mismo, el dominio de los métodos de trabajo y aquella difícil facilidad, para orientarse en la prosecución de un fin, hija del estudio ordenado y metódico y de la paciente y bien conducida labor experimental.

Como descanso al trabajo intenso que tan felizmente había terminado, pasó nuestro recipiendario a Valkenberg (Holanda), y en el colegio máximo que los PP. de su orden tienen allí establecido, se consagró durante seis meses al estudio del alemán, idioma que había de utilizar más tarde en los futuros viajes que proyectaba.

Digno colorario de su primera labor en Lovaina habían de ser estos viajes, porque las nuevas y gratas impresiones en ellos recibidas, hubieron de grabar en su espíritu con caracteres indelebles, las circunstancias de que depende el extraordinario adelanto de los estudios químicos que por doquiera observaba, y que tantos motivos de interés y de satisfacción ofrecían para él en aquellos momentos. Un concepto elevadísimo de la ciencia, que penetra en el espíritu de todas las clases sociales, sin excluir las más humildes, el respecto consiguiente a los que las cultivan y el interés de las corporaciones todas y muy especialmente de los gobiernos en proveer a las necesidades docentes, y secundar con empeño toda iniciativa y todo progreso, unido a costumbres públicas y privadas, fruto de la acción lenta, pero segura y eficaz de los años, en unión de algunos otros factores de menor importancia explican los resultados que se ofrecían a la vista, a la consideración y al examen del P. Vitoria al recorrer, después de su salida de Valkenberg, las principales ciudades, Universidades y fábricas del imperio alemán, primera etapa de su viaje.

Particularmente provechosas le fueron estas visitas, no sólo por el conjunto de observaciones propias que en ellas cosechaba, sino también por el conocimiento personal, que merced a ellas pudo establecer con los más eximios maestros de la ciencia química. Nerst y Tollens en Gottinga, Erdmann y Fischer en Berlín, Ostwald, Beckmann y Hantzsch en Leipzig, Anschütz en Bonn y Classen en Aachen, acompañaron a nuestro querido recipiendario y le suministraron indicaciones y datos, que le fueron muy interesantes, y que más tarde hubo de utilizar en la labor que le estaba reservada al erigirse bajo su dirección en Tortosa, el Laboratorio químico del Ebro.

A su salida de Alemania en 1905 y en viaje de regreso a España se detuvo

en algunas principales poblaciones de Francia y muy particularmente en París, para conocer los centros docentes más importantes y sus profesores. Entre los muchos por él visitados, hubieron de reclamar más especialmente su atención en Lille, el Instituto católico y la Facultad de Ciencias del Estado, en París, la Sorbona, la Facultad de Medicina, el Laboratorio electroquímico de Riban, y el de l'École de Ville de París de Kling, pudiendo haber hecho una visita muy detenida a todos ellos, gracias a la amabilidad de los profesores químicos Hanriot. Haller, Moissan, Riban y Kling que rivalizaron en proporcionar al P. Vitoria cuantas noticias le interesaban. Muy agradable fué también para él la visita que hizo en Toulouse al Laboratorio del Dr. Sabatier y al del Instituto católico que corre a cargo del canónigo Senderens, centros que vienen especializándose hace ya años, en interesantes estudios de catálisis y sobre todo de los fermentos llamados metálicos.

De regreso a España fijó su residencia el P. Vitoria en el Colegio máximo de Tortosa y allí, al lado de las diferentes construcciones levantadas para el estudio de la Astronomía por el eminente sabio R. P. Cirera, hubo de encargarse de la erección del que pocos meses más tarde había de ser Laboratorio químico del Ebro. Dejando ahora a un lado, señores académicos, la descripción de este importante centro de enseñanza química, destinado principalmente a la instrucción de los religiosos y que con los debidos pormenores, describe el R. P. Vitoria en algunas de sus publicaciones, creo de justicia manifestar que la paciente e infatigable labor en él realizada por mi apadrinado, no sólo para llenar cumplidamente cuantas condiciones pueden exigirse a un establecimiento de esta índole, sino para subsanar en primer término la falta del gas del alumbrado, materia tan necesaria como la goma, el vidrio y el platino para las múltiples operaciones que integran el trabajo químico, fué coronada por el éxito más lisongero, ya que la instalación del gas acetileno, establecida en el Laboratorio químico del Ebro, no sólo llenó cumplidamente sus fines, sino que posible fué acometer en ella las operaciones químicas más variadas sin echar nunca de menos la falta del gas de hulla. Resultado de gran importancia, alcanzado por el P. Vitoria contra la opinión de autoridades químicas extranjeras, que hasta entonces lo juzgaron imposible y que desde ahora en adelante reconocerán, sin duda, la facilidad con que pueden erigirse hoy laboratorios químicos en el campo o en poblaciones de escasísima importancia, en donde no cabe utilizar el gas que se llama comunmente gas del alumbrado.

Recientes disposiciones de la orden que trasladaron el Colegio máximo de Tortosa al de San Ignacio de Sarriá obligaron al P. Vitoria a pasar a este último y organizar en él un nuevo y espacioso laboratorio que, consagrado al cultivo de la Química inorgánica, orgánica y analítica, para religiosos y seglares, funciona desde 1916 con el nombre de Instituto químico de Sarriá.

No se ha ceñido, Sres. académicos, la actividad de nuestro nuevo compañero a los reducidos horizontes de su laboratorio y de su cátedra, y por esto es necesario que al lado del químico y del profesor consideremos también al conferenciante

y al publicista. En este nuevo aspecto la acción del P. Vitoria resulta no menos infatigable que en el primero. Y sin hacer la enumeración prolija de sus publicaciones y conferencias, por ser harto conocidas de la mayor parte del selecto auditorio que me escucha, manifestaré tan sólo que el favorable fallo del público, revelado en elocuente forma por el repetido número de ediciones de que alguna de ellas ha sido objeto, es la mejor prueba de la bondad del trabajo que en este sentido viene realizando.

Con solícito afán ha acudido nuestro recipiendario a distintos Congresos científicos en España celebrados, y en todos ellos ofreció trabajos que son digna prueba de su valer, y de su incansable afán en la propagación de los conocimientos químicos.

Tal es, Sres. académicos, la personalidad del nuevo compañero que esbozada queda en las anteriores líneas. Sólo siento que para revelárosla tal cual es hayan faltado a mi pluma las galas de la elocuencia, las filigranas del estilo, los vuelos de la imaginación y de la fantasía, y sobre todo aquel sabroso decir, que con facilidad envidiable emplearon siempre, para expresar sus conceptos y convencer y subyugar al público que los leía o escuchaba, los grandes maestros de la elocuencia castellana, estrellas de primera magnitud, que con sus magníficos destellos abrillantaron en nuestro siglo de oro, el horizonte de nuestra querida patria. Pero a falta de todo esto que no puedo daros, que a vosotros por legítimo derecho se os debe y de que vuestra proverbial benevolencia sabrá dispensarme, fijaos en la promesa estampada al final de su discurso por nuestro querido recipiendario, la de colaborar con los mejores deseos en la obra de nuestra casa. Yo estoy seguro de que así lo hará, y confortados todos por tan consoladora esperanza felicitémonos desde ahora por la adquisición conseguida, y felicitemos también muy efusivamente al R. P. Vitoria, que al nacer hoy a la vida corporativa de nuestro instituto, trae aparejado consigo tan valioso caudal de virtud, de ciencia, de laboriosidad y de buenos propósitos.

PRESENTED
17 JUN. 1918

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 31

BRITISH MUSEUM NATURAL HIST

OBSERVATORIO FABRA

DETERMINACIÓN DE LA LATITUD DE LOS PILARES DEL CÍRCULO MERIDIANO

POR EL

DR. D. ISIDRO PÓLIT

Publicada en abril de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 31

BRITISH MUSEUM
NATURAL

OBSERVATORIO FABRA

DETERMINACIÓN DE LA LATITUD DE LOS PILARES DEL CÍRCULO MERIDIANO

POR EL

DR. D. ISIDRO PÓLIT

Publicada en abril de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

OBSERVATORIO FABRA

DETERMINACION DE LA LATITUD DE LOS PILARES DEL CÍRCULO MERIDIANO

por el

Dr. D. Isidro Pólit

Sesión del día 19 de diciembre de 1917

Método seguido.—Queriendo determinar la latitud astronómica de un punto del Observatorio y no pudiendo aplicar el método de Talcott o alguno de los de pasos por el primer vertical (Bessel, Struve), considerados como los de más precisión, por no disponer de aparatos apropiados, he empleado el de distancias zenitales meridianas sencillas, observando exclusivamente estrellas que culminan cerca del zenit por las razones que luego expondré.

Instrumento empleado.—La observación de distancias zenitales se ha hecho con el círculo meridiano que posee el Observatorio, construido por Mailhat en 1904. Sin describir detalladamente el aparato, voy a dar una idea de los principales elementos que determinan la precisión de las observaciones.

El objetivo del anteojo tiene 20 cm. de abertura y 240 cm. de distancia focal. El micrometro consta de doce hilos fijos, seis horizontales y seis verticales, siendo todos los intérvalos filares equivalentes aproximadamente a 7′. Además existen cuatro hilos móviles, dos horizontales y dos verticales, movido cada par por un tornillo micrométrico cuyo paso de rosca equivale aproximadamente a 1′; como el tambor de estos tornillos está dividido en 60 partes, pueden leerse los segundos de arco y apreciar por estima las décimas de segundo. El intérvalo correspondiente a cada par de hilos moviles es aproximadamente de 14′.

El círculo tiene 80 cm. de diámetro y está dividido de 5′ en 5′, haciéndose la lectura del mismo por medio de un *viseur* y seis microscopios equidistantes sujetos a un soporte de hierro fijo en el pilar de piedra. El micrómetro de cada uno de estos microscopios consta de dos hilos próximos paralelos movidos por un tornillo cuyo paso de rosca y divisiones del tambor valen aproximadamente lo mismo que en el micrómetro del anteojo. La graduación del círculo va de 0° a 180° en dos sentidos opuestos a partir de un punto próximo a la dirección polar; está, pues, dispuesto para dar distancías polares. El anteojo con su círculo puede invertirse sobre los cojinetes.

Obtención de la fórmula usada.—Uno de los principales inconvenientes del método de distancias zenitales meridianas sencillas es el de que los errores de división del círculo influyen en todo su valor en el de la latitud hallada. No obstante, pueden eliminarse totalmcnte dichos errores empleando estrellas que

culminen lo suficientemente cerca del zenit para que las divisiones a que se refieren las lecturas de los microscopios al observar la estrella sean las mismas, aunque vistas con microscopios opuestos, a que referimos el punto Nadir.

Designando por n, L_n y l_n respectivamente la lectura del *viseur*, la del micrómetro y el promedio de las lecturas de los seis microscopios para la dirección nadiral del anteojo, por e el promedio de los errores de las divisiones a que está referida l_n, y si tenemos en cuenta que el sentido de las divisiones del micrómetro y de los microscopios es contrario al de las distancias polares, se tiene:

Distancia polar instrumental del punto Nadir.... $P_n = n + e - L_n - l_n$

" " " " " *Zenit* .... $P_z = (n + e - L_n - l_n) - 180^\circ$

Para determinar L_n fijaba el anteojo en la dirección nadiral de modo que en el *viseur* se leyera la división n calculada de antemano con un valor aproximado de la latitud. Luego, mediante el ocular nadiral hacía varias coincidencias, generalmente 10, de uno de los hilos móviles horizontales con su imagen obtenida con el horizonte artificial de mercurio y, finalmente, tomaba el promedio de las correspondientes lecturas.

Analogamente, designando por L_e y l_e la lectura del micrómetro y el promedio de las lecturas de los microscopios cuando el anteojo está dirigido a la estrella, de modo que el *viseur* indique la división $n - 180^\circ$, se tiene:

Distancia polar instrumental de la estrella ... $P_e = n - 180^\circ + e - L_e - l_e$

Para determinar L_e, con el hilo movil a que hemos referido el punto Nadir bisecaba la estrella en su paso por el campo del anteojo, seis veces al pasar por detrás de cada uno de los hilos fijos, más cinco al pasar por los puntos medios de los intérvalos filares, tomando luego el promedio de las once respectivas lecturas.

La distancia zenital observada de la estrella es, por lo tanto,

$$P_e - P_z = (L_n - l_e) + (l_n - l_e),$$

quedando de este modo eliminado el error de división.

Antes de aplicar esta distancia zenital a la fórmula $\varphi = z + \delta$, es necesario introducir en ella algunas correcciones.

Reduciremos $P_e - P_z$ a segundos de arco, sabiendo que una división del tambor del tornillo que mueve los hilos horizontales del micrómetro equivale a $1''{,}0199$ y que el promedio de las divisiones de los tornillos de los microscopios equivale a $0''{,}977$.

A causa de la curvatura del paralelo descrito por la estrella, el valor L_e encontrado difiere del correspondiente al paso por el meridiano en un cierto número, supuesto constante para todas las estrellas observadas, que he calculado,

teniendo en cuenta que las bisecciones de las estrellas están hechas a intervalos de tiempo sensiblemente iguales, por la fórmula de Gaillot

$$R'' = \frac{sen\ 1''}{4} \left(t_m''^{\,2} + \frac{1}{12} \frac{n+1}{n-1} t_i^{\,2} \right) \cos 2\,\delta$$

en la que R = reducción al meridiano.

t_m = angulo horario medio

t_i = intervalo de tiempo comprendido entre las bisecciones extremas.

n = número de bisecciones.

En nuestro caso, $t_m = 0$, $t_i = 2142''\ sec\ \delta$, $n = 11$, $\delta = 41^\circ\ 25'$, resultando $R = + 0'',98$.

Además hay que hacer la corrección de refracción, la que hemos supuesto igual a $0'',175$ para $10'$, prescindiendo de la presión y temperatura por la poca influencia que tienen en nuestro caso.

Las desviaciones instrumentales, como eran muy pequeñas, no tenían influencia sensible en los resultados, y por lo tanto, se ha prescindido de ellas. Lo mismo hemos hecho con la inclinación del hilo móvil empleado, dada la distribución de las bisecciones respecto al meridiano. No hay que hablar de la flexión, ya que debe considerarse nula estando el anteojo en posición vertical.

En resumen, llamando r a la refracción, (positiva o negativa segun que la culminación tenga lugar al Sur o al norte del Zenit), la distancia zenital meridiana de la estrella será.

$$z = 1'',0199\ (L_n - L_e) + 0'',977\ (l_n - l_e) + r + 0'',98.$$

Y, por lo tanto,

$$\varphi = \delta + 1'',0199\ (L_n - L_e) + 0'',977\ (l_n - l_e) + r + 0'',98.$$

Elección de estrellas.—Todas las estrellas observadas figuran en el *Preliminary generale Catalogue de Boss*. El uso exclusivo de este catálogo tiene el inconveniente de reducir el número de estrellas utilizables, ya pequeño de por si dada la condición impuesta de tener que culminar muy cerca del zenit, pero en cambio ofrece la ventaja de que las posiciones están dadas con una gran precisión formando un solo sistema. Escogiendo estrellas cuya declinación difiere a lo más $10'$ de la latitud buscada, se han reunido ocho para ser observadas en los meses de Septiembre a Diciembre (1). El siguiente cuadro contiene las posiciones medias para 1917, o de las estrellas en cuestión, calculadas con los valores de la variación anual y secular de la precesión dados en dicho catálogo. También contiene los errores probables ε_δ de las declinaciones, deducidos de los dados por Boss.

(1) En todo el catálogo se encuentran 12 estrellas en las condiciones citadas. También quedarían eliminados los errores de división, eligiendo estrellas que culminaran a 60° del Zenit, pero entonces tendría que tenerse en cuenta la flexión y la refracción no sería tan bién conocida como en el Zenit, disminuyendo; por lo tanto, la precisión de los valores individuales de la latitud.

I

POSICIONES MEDIAS PARA 1917,0 DE LAS ESTRELLAS OBSERVADAS

*	Mag.	α aprox	δ	ε_δ	OBSERVACIONES
4805 Boss = 2711 Groombridge	5,8	$18^h\ 52^m\ 13^s$	41° 29′ 44,″42	0,″16	
4870 " = 2765 "	6,6	19 3 36	41 17 4, 24	0, 33	
5043 " = 2925 "	6,1	19 40 59	41 34 23, 10	0, 18	
5322 " = 3258 "	5,8	20 38 57	41 25 8, 88	0, 33	
5425 " = 465 Piazzi	6,7	21 0 46	41 17 57, 74	0, 14	
5869 " = 3005 Bradley	5,3	22 40 23	41 22 59, 98	0, 14	13 Lacertae
5890 " = 3018 "	6,1	22 46 37	41 30 48, 84	0, 14	14 "
5996 " = 3091 "	6,1	23 14 27	41 19 12, 57	0, 20	9 Andrómeda

Cálculo del valor final de φ.—Cada observación de distancia zenital da origen a un valor individual de Ia latitud. Agrupando los referentes a una misma estrella se obtienen ocho valores medios de φ, cada uno de los cuales está afectado de un cierto error que resulta de los errores accidentales de observación, por una parte, y de los sistemáticos de observación y del que tenga la declinación por otra. Como debe suponerse que el error de declinación es superior a los demás, lo más sencillo para hallar el valor final de φ es atribuir pesos iguales a los ocho valores citados, y tomar su media aritmética. Sin embargo, si consideramos válidos los errores probables ε_δ que figuran en el cuadro I, podrá calcularse el error probable ε de cada uno de dichas medias, prescindiendo del error sistemático de observación, ya que no hay manera de tenerlo en cuenta, por la fórmula $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_\delta^2}$ en la que ε_o representa el error probable de cada media deducido de los valores individuales que la han formado. Atribuyendo, entonces, pesos a cada una de las ocho medias, se podrá calcular la media general y su error probable mediante las fórmulas conocidas.

La obtención de los valores individuales y el cálculo de medias está detallado en los cuadros que siguen. Las declinaciones aparentes de las estrellas observadas han sido calculadas con el auxilio de las tablas que para ello inserta la *Connaissance des temps,* habiendo tenido en cuenta los términos de corto período. Me ha ayudado eficazmente en este cálculo, el alumno de la Sección Astronómica D. Joaquin Febrer.

II

4805 BOSS $r = -0,''09$

1917	δ aparente	$(L_n - L_e)$	$(l_n - l_e)$	φ
14 Septiembre	41° 30′ 4,″96	− 5′ 16,″48	+ 9,″82	41° 24′ 59,″19
15 "	5, 03	5 4, 68	− 1, 88	59, 36
22 "	5, 81	5 15, 17	+ 7, 95	59, 48
29 "	5, 99	5 2, 34	− 5, 24	59, 30
1 Octubre	6, 25	5 6, 91	− 0, 24	59, 99
6 "	6, 37	5 12, 65	+ 4, 25	58, 86
8 "	6, 29	5 13, 05	5, 50	59, 63
17 "	6, 00	− 5 12, 12	+ 4, 31	59, 08

Media = 41° 24′59,″36 $\varepsilon_0 = \pm 0,''07$

III

4870 BOSS $r = +0,13$

1917	δ aparente	$(L_n - L_e)$	$(l_n - l_e)$	φ
14 Septiembre	41° 17′ 25,″42	+ 7′ 23,″20	+ 9,″82	41° 24′ 59,″55
15 "	25, 50	7 34, 40	− 1, 88	59, 13
18 "	26, 00	7 33, 05	1, 20	58, 96
29 "	26, 63	7 36, 51	5, 24	59, 01
1 Octubre	26, 93	7 32, 11	− 0, 24	59, 92
6 "	27, 12	7 26, 82	+ 4, 25	59, 30
8 "	27, 10	7 26, 06	5, 50	59, 77
9 "	27, 08	7 26, 59	4, 52	59, 30
17 "	26, 93	+ 7 26, 74	+ 4, 31	59, 09

Media = 41° 24′59,″34 $\varepsilon_0 = \pm 0,''08$

IV

5043 BOSS $r = -0,''17$

1917	δ aparente	$(L_n - L_e)$	$(l_n - l_e)$	φ
22 Septiembre	41° 34′ 48,″36	— 9′ 45,″46	— 3,″90	41° 24′ 59,″81
29 "	48, 81	9 27, 16	23, 92	58, 54
1 Octubre	48, 99	9 44, 94	— 5, 43	59, 43
8 "	49, 62	9 56, 79	+ 5, 86	59, 50
9 "	49, 63	9 56, 02	5, 55	59, 94
15 "	49, 68	10 0, 76	9, 68	59, 41
17 "	49, 80	9 57, 81	6, 15	58, 95
20 "	49, 88	9 58, 36	6, 41	58, 74
22 "	49, 87	9 59, 96	8, 46	59, 18
26 "	49, 61	9 57, 76	6, 71	59, 37
29 "	49, 48	9 57, 30	+ 5, 50	58, 49
2 Noviembre.	49, 43	— 9 50, 38	— 0, 58	59, 28

Media = 41° 24′ 59,″26 $\varepsilon_0 = \pm 0'',09$

V

5322 BOSS $r = -0,''01$

1917	δ aparente	$(L_n - L_e)$	$(l_n - l_e)$	φ
28 Septiembre	41° 25′ 37,″92	— 41,″78	+ 2,″72	41° 24′ 59,″83
29 "	38, 05	21, 21	— 18, 05	59, 76
1 Octubre	38, 34	35, 00	— 5, 08	59, 23
6 "	39, 16	46, 75	+ 5, 74	59, 12
8 "	39, 41	47, 05	6, 51	59, 84
15 "	39, 93	48, 11	6, 25	59, 04
20 "	40, 35	48, 54	+ 6, 25	59, 03
22 "	40, 46	41, 43	— 0, 93	59, 07
26 "	40, 54	48, 58	+ 6, 62	59, 55
29 "	40, 55	52, 49	10, 86	59, 89
2 Noviembre	40, 73	43, 45	1, 25	59, 52
5 "	40, 73	52, 45	9, 24	58, 49
14 "	40, 21	54, 63	13, 03	59, 58
16 "	40, 19	— 47, 50	+ 6, 33	59, 99

Media = 41° 24′ 59,″41 $\varepsilon_0 = \pm 0'',07$

VI

5425 BOSS $r = + 0,''11$

1917	δ aparente	$(L_n - L_e)$	$(l_n - l_e)$	φ
6 Octubre	41° 18′ 28,″04	+ 6′ 23,″08	+ 6,″15	41° 24′ 58,″36
8 "	28, 28	6 23, 01	6, 50	58, 88
9 "	28, 38	6 24, 51	5, 01	58, 99
15 "	28, 97	6 20, 06	8, 64	58, 76
16 "	29, 05	6 26, 97	1, 95	59, 06
20 "	29, 49	6 21, 48	+ 6, 25	58, 31
22 "	29, 67	6 28, 46	— 0, 49	58, 73
26 "	29, 85	6 20, 73	+ 6, 62	58, 29
29 "	29, 94	6 17, 39	10, 86	59, 28
2 Noviembre	30, 23	6 25, 78	1, 24	58, 34
5 "	30, 27	6 18, 33	8, 57	58, 26
12 "	30, 01	6 24, 27	3, 55	58, 92
14 "	29, 95	6 14, 52	13, 03	58, 59
16 "	29, 93	+ 6 21, 62	+ 6, 33	58, 97

Media = 41° 24′ 58,″70 $\varepsilon_0 = \pm 0,''06$

VII

5869 BOSS $r = + 0,''03$

1917	δ aparente	$(L_n - L_e)$	$(l_n - l_e)$	φ
14 Septiembre	41° 23′ 27,″64	+ 1′ 7,″66	+ 23,″12	41° 24′ 59,″42
20 "	29, 15	1 15, 04	14, 00	59, 20
20 Octubre	35, 80	1 16, 22	7, 94	60, 97
12 Noviembre	38, 41	1 15, 32	5, 13	59, 87
14 "	38, 55	1 13, 50	+ 7, 25	60, 31
16 "	38, 72	1 21, 53	— 1, 81	59, 45
18 "	38, 90	1 13, 36	+ 6, 13	59, 40
22 "	38, 86	1 14, 33	4, 81	59, 01
23 "	38, 85	1 13, 62	5, 57	59, 05
7 Diciembre	38, 85	+ 1 10, 34	+ 9, 46	59, 66

Media = 41° 24′ 59,″63 $\varepsilon_0 = \pm 0,''12$

VIII

5890 BOSS $r = -0,''11$

1917	δ aparente	$(L_n - L_e)$	$(l_n - l_e)$	φ
14 Septiembre	41° 31′ 16,″27	— 6′ 41,″03	+ 23,″12	41° 24′ 59,″23
20 "	17, 79	6′ 33, 24	14, 00	59, 42
20 "	24, 53	6′ 33, 28	7, 94	60, 06
12 Noviembre	27, 29	6 33, 86	5, 13	59, 43
14 "	27, 43	6 35, 83	+ 7, 25	59, 72
16 "	27, 62	6 27, 40	— 1, 81	59, 28
18 "	27, 80	6 35, 74	+ 6, 13	59, 06
22 "	27, 89	6 34, 22	4, 81	59, 35
23 "	27, 88	6 35, 45	5, 56	58, 86
1 Diciembre.	28, 08	6 41, 76	13, 51	60, 70
7 "	27, 78	— 6 38, 71	+ 9, 46	59, 40

Media = 41° 24′ 59,″50 $\varepsilon_0 = \pm 0,07$.

IX

5996 BOSS $r = +0,''09$

1917	δ aparente	$(L_n - L_c)$	$(l_n - l_c)$	φ
14 Septiembre	41° 19′ 39,″29	+ 4′ 54,″39	+ 24,″87	41° 24′ 59,″62
20 "	40, 82	5′ 4, 16	+ 13, 86	59, 91
6 Octubre	44, 89	5 20, 78	— 7, 82	58, 93
20 "	47, 87	5 3, 54	+ 7, 36	59, 84
12 Noviembre	50, 82	5 2, 41	5, 13	59, 43
14 "	51, 09	5 1, 84	+ 5, 69	59, 69
16 "	51, 42	5 9, 01	— 1, 81	59, 64
18 "	51. 75	5 0, 05	+ 6, 13	59, 00
1 Diciembre.	52, 35	4 53, 06	14, 09	60, 57
7 "	52, 23	+ 4 56, 38	+ 9, 82	49, 50

Media = 41° 24′ 59,″61 $\varepsilon_0 = \pm 0,''11$

X

VALOR FINAL DE φ.

*	φ	ε	p.
4805 Boss . . .	41° 24′ 59,″36	0,″18	8,6
4870 " . . .	59, 34	0, 34	1
5043 " . . .	59, 26	0, 20	2,9
5322 " . . .	59, 41	0, 34	1
5425 " . . .	58, 70	0, 15	5,2
5869 " . . .	59, 63	0, 18	3,6
5890 " . . .	59, 50	0, 16	4,5
5996 " . . .	59, 61	0, 23	2,2

1.° Suponiendo pesos iguales para todos los valores de φ resulta

$$\varphi = 41^{\circ}\ 24'\ 59,''35 \pm 0,''10$$

2.° Considerando los errores probables de las declinaciones, y atribuyendo pesos a los valores de φ resulta.

$$\varphi = 41^{\circ}\ 24'\ 59,''30 \pm 0,07$$

En vista de estos resultados, puede tomarse como valor muy aproximado de la latitud astronómica de los pilares del círculo meridiano del Observatorio Fabra, referida al polo instantàneo en Octubre de 1917,

$$\varphi = 41^{\circ}\ 24'\ 59,''3.$$

Barcelona 18 Diciembre de 1917.

PRESENTED
17 JUN. 1918

BRITISH MUSEUM
NATURAL

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 32

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

ESTUDIO ÓPTICO-GEOMÉTRICO DEL HAZ LUMINOSO QUE POR UNA RENDIJA PENETRA EN LA CÁMARA OBSCURA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

RDO. DR. D. PEDRO MARCER Y OLIVER

Publicada en abril de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES

DE BARCELONA

TERCERA ÉPOCA — VOL. XIII. NÚM. 32

ESTUDIO ÓPTICO-GEOMÉTRICO DEL HAZ LUMINOSO QUE POR UNA RENDIJA PENETRA EN LA CÁMARA OBSCURA

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

RDO. DR. D. PEDRO MARCER Y OLIVER

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

Publicada en abril de 1918

BARCELONA

SOBS. DE LÓPEZ ROBERT Y C.ª, IMPRESORES, CONDE ASALTO, 63

1918

ESTUDIO ÓPTICO-GEOMÉTRICO DEL HAZ LUMINOSO QUE POR UNA RENDIJA PENETRA EN LA CÁMARA OBSCURA

por el académico numerario

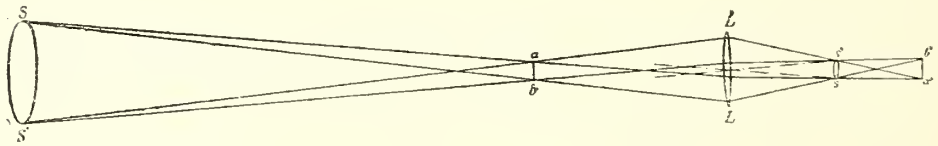
RDO. DR. D. PEDRO MARCER Y OLIVER

Sesión del día 26 de enero de 1918

Hace algunos años, y en fecha que de momento no interesa precisar, presenté a esta Real Academia una Nota para resolver una dificultad que tal vez podía ofrcerse al tratar de obtener un espectro puro, así denominado, siempre que se reciben los rayos solares en una cámara obscura mediante un porta-luz. Pues, como éste consiste principalmente en un espejo plano y los rayos solares se reflejan en la cara anterior y en la posterior azogada o plateada del mismo, y aun varias veces por reflexiones sucesivas; cabe preguntar ¿esta multiplicación del haz luminoso no será obstáculo para que tengan la limpieza requerida la imagen de la rendija y también el espectro? La acertada resolución de esta cuestión depende en gran parte de esta otra: ¿el haz solar que penetra por la rendija en la cámara obscura y que se recibe en una lente convergente da real y propiamente la imagen de aquélla? Caprichosa y vana parece a primera vista esta pregunta y también obvia y muy obvia la respuesta afirmativa. Sin embargo, estudiando con alguna detención el fenómeno, se presenta suficiente razón para dudar. En efecto, puede establecerse de un modo general que las imágenes reales sólo se obtienen de aquellos cuerpos luminosos o iluminados mates que envían sus rayos a dicha lente. Se comprende, pues, que se forme la imagen del sol, que es el que emite sus rayos a través de la rendija, pero no la imagen de ésta que no es cuerpo luminoso ni iluminado. Luminoso, desde luego no, con seguridad; iluminado, tampoco, porque el aire que ocupa la abertura es muy diáfano; prescindiendo de los corpúsculos que flotan en aquel flúido y que poquísimo pueden influir en el fenómeno que estudiamos. No obstante, la experiencia nos enseña que no solamente se forma la imagen del sol, sino también la de la rendija, cada una en su plano correspondiente. ¿Cómo explicar esta contradicción aparente? He aquí un problema sobre el cual pocos habrán parado mientes, y que, no obstante, juzgamos digno de estudio por su alta importancia. En él vamos a ocuparnos en este modesto trabajo, pero no ya desde el punto de vista concreto, como en la Nota a que antes aludimos, sino que nos proponemos una solución amplia y general.

Conviene, ante todo, dar una explicación satisfactoria de cómo un mismo haz luminoso forma la imagen del sol y de la rendija; empezando por consignar,

como cosa evidente, que todos y los únicos rayos que entran por la rendija forman cada una de las dos imágenes, con tal que la lente abarque todo el haz. Esto supuesto, diremos que la imagen del sol se explica considerando tantos conos de luz como puntos luminosos solares, siendo éstos los vértices de aquéllos y siendo la directriz el borde de la rendija. Así mismo, la imagen de la rendija se comprende tomando cada punto de ésta como vértice de un cono luminoso cuya directriz es el borde del sol, ya que de todos los puntos de éste convergen rayos hacia dicho punto. En otros términos: los rayos procedentes de un punto determinado del sol y que ocupan toda la rendija forman un haz que, recibido en una lente convergente, constituyen un foco conjugado a la distancia focal principal de dicha lente. Si ahora en vez de considerar un solo punto del sol, extendemos nuestro concepto a todos ellos, tendremos otros tantos haces y focos conjugados que, reunidos, constituirán la imagen real del sol. Pero los rayos de todos estos haces son evidentemente todos y los únicos que, procedentes del astro, pasan por la rendija. Viceversa, los rayos que, partiendo de toda superficie visible del astro pasan por un punto determinado de la rendija (de un vértice por ej.) forman un haz cónico completo, mitad convergente en el exterior y mitad divergente dentro de la cámara obscura y que, recibido por una lente convergente, a una distancia mayor que la focal principal, nos dará el foco conjugado de dicho punto de la rendija. Si luego esta consideración la hacemos extensiva a todos los demás puntos de aquélla para otros tantos haces análogos, obtendremos otros tantos focos conjugados que, reunidos, formarán la imagen de la rendija. Ahora bien; los rayos de todos estos haces son también indudablemente todos y los únicos que, enviados por el sol, pasan por la rendija. Resulta, pues, como consecuencia final y definitiva que unos mismos rayos solares, limitados por la abertura dicha y recibidos por una misma lente convergente, dan simultáneamente dos imágenes: la una es la de la rendija a una distancia de la lente dependiente de la de ésta a la abertura, y la otra es la del sol a la distancia focal principal de la misma lente.



A esta misma conclusión del precedente análisis óptico-geométrico hubiéramos llegado más brevemente demostrando que todo rayo solar que penetra por la rendija concurre a la formación de los dos referidos focos; demostración que es facilísima mediante la presente fig., en la que la rendija, abertura muy estrecha, está representada por la línea *ab*, paralela al plano del dibujo y por *SS'* el diámetro del disco solar. En efecto; el rayo *Sa* combinado con el *Sb*, que

sale del mismo punto del sol, entra a formar el foco de este punto en *s*, y combinado con el *S'a*. que pasa por el mismo punto de la rendija, entra a constituir el foco de este punto en a'. Inútil creo advertir que la lente convergente es aquí *L L*, que la distancia de *L L* a *ss'* es la focal principal y la de *L L'* a b'a' es doble de esta e igual, por lo tanto, a la de la rendija *ab* a la misma lente. Pues bien; como otro tanto se podría afirmar de cada uno de los rayos solares limitados por la abertura de la rendija, vendríamos a parar al mismo resultado anteriormente obtenido.

La consecuencia práctica y de importante aplicación que sacamos del precedente estudio es la siguiente: siempre que una rendija o abertura cualquiera de una cámara obscura es atravesada por los rayos solares, recibidos dentro por una lente, se conduce, desde el punto de vista óptico-geométrico, como un cuerpo luminoso o iluminado. a pesar de no ser ella ni luminosa ni iluminada, como antes dijimos; con la excepción empero. de ser muy limitados en extensión los conos luminosos enviados por sus respectivos puntos, no alcanzando más amplitud angular que la del llamado diámetro aparente del sol y que es de unos 32 minutos de arco. Hecha esta salvedad, que sólo influye en la escasa luminosidad de la imagen de la rendija, en lo demás todo se verifica como si ésta fuese el origen directo de los rayos que de fuera proceden, de tal suerte que es independiente de la forma que reviste el foco luminoso exterior.

Despréndese de aquí una manera sencilla de acrecentar la brillantez de dicha imagen. siempre que convenga: es a saber, ensanchando la superficie del foco luminoso, aunque sea haciéndolo múltiple, sin que esto perjudique la limpieza de tal imagen. Paradójico se presenta este aserto. por no acaecer lo mismo respecto de la imagen del foco luminoso, del sol por ej.; pues aunque éste fuese de mayor magnitud. no resultaría más brillante su imagen. sino mayor en igualdad de circunstancias. y si en vez de ser único fuesen varios, la imagen del mismo no sería simple, sino múltiple. Pero ya sabemos que lo paradójico no arguye falsedad, sino simplemente falta de detenido examen, y el que llevamos hecho, nos parece ya más que suficiente para comprender que dos o más cuerpos luminosos, dos o más soles, supongamos, envían desde todos sus puntos otros tantos conos luminosos al través de la abertura y de la lente, la que dará otros tantos focos conjugados; pero como en aquellos puntos hay solución de continuidad por estar separados los diferentes soles, también la habrá entre los conjuntos de focos, conjuntos que no serán más que las imágenes de los distintos soles. Pero, por otra parte, cada punto de la abertura, según lo expuesto, es vértice de un cono luminoso, si hay un sol único; de dos o más, si hay más; y todos estos conos de común vértice van al través de la lente a reunirse en el foco conjugado del referido punto de la abertura. De aquí que a la multiplicidad de los cuerpos luminosos responda la simplicidad de una sola imagen de la abertura.

No nos quepa pues la menor duda de que una de las aplicaciones intere-

santes que podemos recoger de nuestro estudio es la de abrillantar la imagen de la rendija y, si ésta pertenece a un espectroscopio, realzar la luminosidad de las rayas características de una substancia. Para ello extenderemos la zona de los vapores incandescentes metálicos introduciendo en la llama del mechero Bunsen, no un solo alambre de platino con la sal a ensayar, sino dos o más, sin que obste la discontinuidad de la zona incandescente para que cada raya se destaque simple y única. Asimismo podría aumentarse la intensidad del espectro del arco voltaico, valiéndose de dos o tres arcos yuxtapuestos.

Finalmente. la teoría general que acabo de desarrollar me da la clave para la solución de la dificultad a que me referí en un principio y en que me ocupé no por curiosidad y pasatiempo. sino por lo mucho que me interesaba. Pues, habiéndome propuesto obtener por un nuevo procedimiento un espectro solar puro y extenso. proyectado en una pantalla. a fin de que mis alumnos pudiesen distinguir el mayor número posible de las rayas de *Frauenhofer*, temí que sería un obstáculo para ello el espejo azogado del porta-luz, el cual envía a la cámara obscura varias imágenes del sol por efecto de las múltiples reflexiones en las dos caras de aquél. Ahora bien; después de lo expuesto, esta dificultad queda ya resuelta, o mas bien no es dificultad. En efecto; el fenómeno a que da lugar el espejo azogado no hará más que aumentar el número de imágenes del sol en el plano focal principal de la lente. como así lo demuestra la experiencia, aunque superpuestas en parte y cuyo conjunto forma como una sola imagen oblonga. de contornos laterales mal definidos. La imagen de la rendija queda. no obstante, inalterable. como sucedería si en vez de un sol hubiese varios, colocados en posición conveniente relativa. según hemos largamente expuesto.

PRESENTED
17 JUN. 1918